

ABSTRAK

PERENCANAAN GEDUNG RADISSON PLAZA SUITE HOTEL SURABAYA DENGAN DAKTILITAS PENUH

Oleh : Satrio Lintang Trenggono

Nrp : 389 310 0748

Dosen Pembimbing :

Ir. Hidajat Sugihardjo, MS

Ir. Djoko Irawan, MS

Penulisan Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan kurikulum Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS. Tuga Akhir ini berjudul "Perencanaan Gedung Radisson Plaza Suite Hotel Surabaya dengan Daktilitas Penuh".

Tugas Akhir ini membahas perencanaan unsur-unsur struktur dari gedung Radisson Plaza Suite Hotel di Surabaya, yang meliputi perencanaan pelat lantai dan atap, perencanaan tangga, perencanaan balok anak, perencanaan balok induk, perencanaan kolom, perencanaan shear wall, dan perencanaan pondasi dari gedung tersebut.

Jenis struktur yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah struktur Open Frame dari beton bertulang. Sedangkan unsur-unsur struktur lainnya juga direncanakan dari beton bertulang.

Konsep Desain Kapasitas di sini diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari pada balok-balok (*Strong Column Weak Beam*) dengan mengatur sedemikian rupa terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok di muka kolom.

Untuk analisa gaya-gaya dalam balok anak dan struktur utama digunakan program SAP 90 v 5.20 dengan analisa 3-D *Space Frame*.

Sebagai akhir dari penulisan tugas akhir ini, semua hasil perencanaan dan perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar-gambar Arsitektural dan detail.

DAFTAR NOTASI

a	= Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen
Ab	= Luas penampang satu batang tulangan, mm ²
Ag	= Luas penampang bruto dari beton
Ah	= Luas dari tulangan geser yang paralel dengan tulangan lentur tarik
Al	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (batang tulangan atau baja profil)
As	= Luas tulangan tarik non pratekan
As'	= Luas tulangan tekan non pratekan
Ast	= Luas total tulangan longitudinal (lentur + geser)
Av	= Luas dari tulangan geser dalam suatu jarak s, atau luas dari tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu jarak s pada suatu komponen struktur lentur tinggi
Avf	= Luas dari tulangan geser friksi
Avh	= Luas tulangan geser yang paralel dengan tulangan lentur tarik dalam suatu jarak S
b	= Lebar dari muka komponen struktur yang tertekan
bo	= Keliling dari pelat pondasi
be	= Lebar efektif balok pada penampang T dan L
bw	= Lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat
c	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral
Cm	= Suatu faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen
Ct	= Faktor yang berhubungan dengan sifat khusus tegangan geser dan torsi

$$= \frac{bw \cdot d}{\sum x^2 y}$$

- d = Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik non pratekan
- d' = Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tekan
- db = Diameter nominal dari batang tulangan
- dc = Tebal selimut beton (decking)
- DL = Beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut
- Ec = Modulus elastisitas beton
- Ecb = Modulus elastisitas balok beton
- Ecc = Modulus elastisitas kolom beton
- Ecs = Modulus elastisitas pelat beton
- Es = Modulus elastisitas baja tulangan = 200000MPa
- EI = Faktor kekakuan suatu struktur
- fc' = Tegangan tekan beton umur 28 hari, yang didapatkan dari uji tekan silinder
- fck' = Tegangan tekan beton karakteristik umur 28 hari yang didapatkan dari uji tekan kubus bersisi 15 cm (= σ_{bk}' pada PBI '71)
- fs = Tegangan baja pada tulangan tarik kondisi beban kerja
- fs' = Tegangan baja pada tulangan tekan kondisi beban kerja
- fy = Tegangan leleh yang disyaratkan dari tulangan non pratekan (pada PBI '71 fy adalah kuat rencana tulangan = $\sigma_{\alpha u}^*$)
- fr = Modulus keruntuhan lentur dari beton
- h = Tinggi total dari komponen struktur
- Ig = Momen inersia penampang bruto beton terhadap sumbu netral, dengan mengabaikan tulangan
-

-
- Ib = Momen inersia penampang bruto balok
- Ic = Momen inersia penampang bruto kolom
- Is = Momen inersia penampang bruto pelat
- k = Faktor panjang tekuk pada komponen struktur tekan
- Ldb = Panjang penyaluran dasar dari tulangan
- Ld = Panjang penyaluran dari tulangan
= Idb x faktor modifikasi yang berlaku
- Ldh = Panjang penyaluran dari kait standar tarik, diukur dari penampang kritis sampai ujung luar kait (panjang pengembangan yang lurus antara penampang kritis dan titik muka kait) titik garis singgung ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan
- Lhb = Panjang pengembangan dasar dari kait standar tarik
- ln = Bentang bersih diukur dari muka ke muka tumpuan
- lu = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang
- LL = Beban hidup, atau momen yang dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban tersebut
- Mc = Momen berfaktor yang digunakan untuk perencanaan komponen struktur tekan
- M1b = Nilai yang lebih kecil dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis kerangka elastis konvensional, positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda
-

-
- M2b = Nilai yang lebih besar dari komponen ujung terfaktor struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisa kerangka elastis konvensional
- M2s = Momen berfaktor yang menimbulkan goyangan ke samping pada komponen struktur tekan
- Mcr = Momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar
- Mn = Kekuatan momen nominal pada suatu penampang
- Mu = Momen berfaktor dari kombinasi pembebanan sesuai dengan SKSNI '91 pasal 3.2.2
- Nu = Beban aksial berfaktor pada eksentrisitas yang diberikan, diambil positif untuk tekan, dan negatif untuk tarik
- Nuc = Gaya tarik dalam beton akibat beban mati dan beban hidup tidak berfaktor (D+L)
- Pb = Kuat tekan pada kondisi regangan berimbang
- Pc = Beban kritis (dihitung dengan rumus Euler)
- Pu = Beban aksial berfaktor untuk kolom
 $\leq \phi P_n$
- r = Radius girasi suatu penampang komponen struktur tekan
- s = Spasi dari tulangan geser atau torsi dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal
- Tc = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton
- Tn = Kuat momen torsi nominal total
- Ts = Kuat torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi
- Tu = Momen torsi berfaktor
- Vc = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
-

V_n	= Kuat geser nominal total
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser
V_u	= Gaya geser berfaktor pada penampang kritis
W_u	= Beban berfaktor per-unit panjang dari balok atau per-unit luas pelat
x_1	= Dimensi terpendek dari pusat ke pusat dari sengkang persegi tertutup
$\Sigma x^2 y$	= Rasio penampang torsi
x_1'	= Dimensi pusat ke pusat yang pendek dari sengkang persegi tertutup
y_1'	= Dimensi pusat ke pusat yang panjang dari sengkang persegi tertutup
z	= Besaran pembatas distribusi tulangan lentur
ϕ	= (atau ϕ) adalah faktor reduksi kekuatan
ρ	= Rasio tulangan tarik non pratekan
ρ'	= Rasio tulangan tekan non pratekan
ρ_b	= Rasio tulangan non pratekan yang memberikan kondisi regangan berimbang
ρ_s	= Rasio dari volume tulangan spiral terhadap volume inti total
β_c	= Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau muka tumpuan
β_d	= Nilai mutlak rasio antara momen max akibat beban mati berfaktor terhadap momen max akibat beban total berfaktor
δ_b	= Faktor pembesar momen untuk kerangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan

δ_s = Faktor pembesar momen untuk kerangka yang tidak ditahan pada goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1. IKHTISAR KONSTRUKSI

2.1.1. Dimensi Bangunan

- Tinggi total bangunan : 29 m
- Panjang total bangunan : 64 m
- Panjang bangunan
 - Lantai dasar - atap : 47 m
- Lebar total bangunan : 47 m
- Lebar bangunan
 - Lantai dasar - atap : 24 m

2.2. DATA TANAH

Berdasarkan penyelidikan tanah yang dilakukan, diketahui bahwa tanah pada lokasi yang akan dibangun Radisson Plaza Suite Hotel ini tersusun atas tanah lunak tercampur dengan material berbutir. Kekuatan tanah pada permukaan hingga kedalaman - 15 meter, adalah kecil. Mulai kedalaman - 15 meter kekuatan tanah berangsur-angsur meningkat hingga akhir kedalaman sondir - 18 meter. Lapisan di bawah - 15 meter ini diperkirakan tersusun atas tanah liat yang terkonsolidasi tercampur dengan material berbutir.

2.3 PERATURAN-PERATURAN YANG DIPAKAI

Dalam Tugas Akhir ini, yaitu perencanaan ulang Radisson Plaza Suite Hotel, penulis mempergunakan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia dan juga peraturan-peraturan yang terkait yaitu :

- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
- Pedoman Beton 1989 (PB '89)
- Standart Perhitungan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T - 15 -1991 - 03)
- Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa Dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983

2.4. PEMBEBANAN

Jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung adalah beban vertikal dan beban horisontal. Kemudian untuk analisa gaya-gaya dalam pada struktur utama, dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan di dalam SKSNI 1991.

2.4.1. Beban Vertikal

2.4.1.1. Beban Mati (PPI '83 - 1.1)

- Beban mati ini mencakup semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.
- Selanjutnya beban mati ini dihitung berdasarkan tabel 2.1 PPI 1983

2.4.1.2. Beban Hidup (PPI '83 - 1.2)

- Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.
- Adapun yang termasuk beban hidup adalah :
 - Lantai dasar - lantai 7 : 250 kg/m^2
 - Atap : 100 kg/m^2
 - Tangga dan bordes : 300 kg/m^2
 - Lantai ruang mesin : 400 kg/m^2
 - Lantai ruang music : 500 kg/m^2

2.4.2. Beban Horisontal

2.4.2.1. Beban Angin (PPI '83 - 1-3)

- Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara .
- Dalam hal ini beban horisontal akibat tekanan angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban gempa.

2.4.2.2. Beban Gempa (PPI '83 - 1.4)

- Mencakup semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik.
- Perencanaan struktur gedung Radisson Plaza Suite Hotel di Surabaya ini dilakukan dengan analisa 3 dimensi dengan menggunakan metode Respons Spektrum analysis, dimana pada gedung akan dikenakan spectrum percepatan respons gempa rencana yang dihitung menurut diagram koefisien gempa dasar C untuk wilayah 4

2.4.3. Kombinasi Pembebanan

Sesuai ketentuan yang tercantum pada SKSNI 1991, agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat dan kekuatan laik pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban sebagai berikut :

Kuat perlu untuk menahan beban mati dan beban hidup paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(\text{Rumus 3.2-1})$$

SKSNI T-15-1991-03

Bila ketahanan struktur terhadap beban angin harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban adalah :

$$U = 0,75 (1,2D + 1,6L + 1,6W) \dots\dots\dots(\text{Rumus 3.2-2})$$

SKSNI T-15-1991-03

Sedangkan untuk pertimbangan kombinasi dengan beban hidup yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya diambil :

$$U = 0.9D + 1.3W \dots\dots\dots (\text{Rumus 3.2-3})$$

SKSNI T-15-1991-03

dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi tersebut diperoleh kekuatan (U) yang tidak kurang dari persamaan 3.2-1.

Kekuatan struktur terhadap beban gempa (E) harus diperhitungkan dalam perencanaan dengan mengambil kombinasi pembebanan sebagai :

$$U = 1.05 (D + I_R + E) \dots\dots\dots (\text{Rumus 3.2-4-a})$$

SKSNI T-15-1991-03

atau :

$$U = 0.9 (D + E) \dots\dots\dots (\text{Rumus 3.2-4-b})$$

SKSNI T-15-1991-03

2.5. ANALISA STRUKTUR DAN METODE PENYELESAIAN

Analisa struktur yang dibahas dalam tugas akhir ini serta metode penyelesaian yang dipergunakan adalah :

- Perhitungan tangga

Tangga dan bordes dalam hal ini merupakan sistem pelat, Anak tangga hanya dianggap sebagai beban dan tidak ikut menyumbangkan kekakuan. Di dalam perhitungan tebal pelat diambil sebagai tebal ekuivalen antara tebal pelat tangga dan tebal anak tangga. Gaya-gaya dalam pada tangga dianalisa tersendiri dengan bantuan paket program SAP 90., yaitu dengan memodelkan tangga dan bordes sebagai struktur frame.

- Perhitungan pelat

Perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai dan pelat atap yang berbentuk persegi digunakan koefisien momen dari PBI '71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2.

- Perhitungan gaya dalam struktur utama

Perhitungan gaya dalam untuk analisa statis dan dinamis dilakukan dengan memodelkan struktur sebagai struktur rangka ruang 3 dimensi (three dimensional open space frame). Perhitungan ini dilakukan bantuan paket program SAP 90. Untuk mendistribusikan gaya geser akibat beban gempa, maka dalam hal ini pelat lantai dianggap sebagai rigid floor diafragma. Anggapan ini mengingat kekakuan lantai diafragma dalam bidangnya adalah cukup besar bila dibandingkan dengan kekakuan dari unsur-unsur vertikal dari sistem penahan gempa. Untuk pemodelan dengan cara ini maka massa dari tiap-tiap lantai dapat diasumsikan terpusat pada satu nodal atau master joint (lumped mass parameter). Cara ini akan sangat bermanfaat, karena akan mengurangi jumlah persamaan yang dipecahkan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk running program juga akan berkurang.

- Perhitungan penulangan

Penulangan balok, kolom, pelat dan shear wall serta unsur-unsur lain menggunakan ketentuan seperti yang tercantum dalam SKSNI T-15 1991 03.

- Perhitungan pondasi

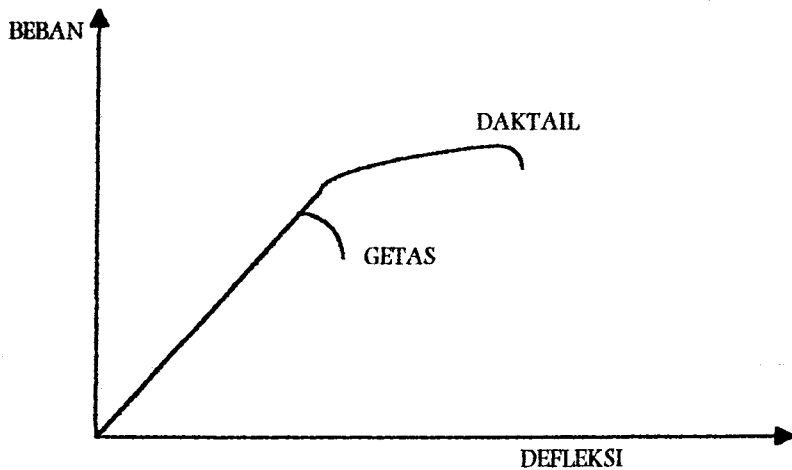
Pondasi yang direncanakan dalam tugas akhir ini adalah pondasi bore pile. Perhitungan pondasi ini didasarkan pada data penyelidikan tanah yang telah ada.

2.6. TINJAUAN DAKTILITAS DALAM PERENCANAAN

Dalam menganalisa perilaku struktur terhadap beban gempa, tidak terlepas dari sifat-sifat dan kelakuan unsur-unsur strukturnya saat mengalami beban gempa. Untuk menganalisa pengaruh beban gempa diidealisasikan berupa beban bolak-balik. Sifat dan kekakuan struktur tersebut digambarkan dalam bentuk kurva beban gempa versus defleksi. Dalam kurva tersebut digambarkan perilaku struktur yang mengalami pembebanan sampai keadaan batas (ultimate), seperti pada gambar 2.1.

Dari gambar 2.1 dapat dilihat adanya perbedaan antara respons getas (brittle) dengan respons daktail. Pemahaman terhadap karakteristik kurva tersebut sangat diperlukan karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Kegagalan getas pada unsur-unsur struktur tidak boleh terjadi. Dalam kondisi dimana struktur dibebani lebih hingga mendekati keruntuhan, maka struktur harus mengalami defleksi yang cukup besar. Dengan demikian keselamatan jiwa dapat dijamin dengan adanya peringatan deformasi unsur struktur tersebut, disamping juga dapat mencegah keruntuhan total struktur.



GAMBAR 2.1. Kurva perilaku beban - defleksi untuk balok lentur

2. Perencanaan mekanisme runtuh pada struktur dilakukan dengan cara mengatur letak sendi-sendi plastis pada unsur-unsur struktur. Sendi-sendi plastis ini terbentuk atas dasar perilaku daktail struktur. Jadi pada saat beban batas hampir tercapai, beberapa penampang unsur struktur memikul momen tahanan batas yang menyebabkan terjadinya rotasi plastis, dimana pada penampang lain momen tahanan belum mencapai batas maksimumnya. Penambahan beban akan menyebabkan meningkatnya nilai momen tahan penampang yang belum mengalami rotasi plastis, sampai dicapai kekuatan batasnya. Sementara pada penampang yang mengalami rotasi plastis, penambahan beban hanya akan menambah perputaran rotasi plastisnya.
3. Pada daerah dimana perencanaan terhadap gempa diperlukan, faktor yang sangat penting dalam desain adalah daktilitas struktur. Karena filosofi desain struktur tahan terhadap gempa didasarkan pada konsep

penyerapan dan pemencaran energi melalui kelakuan deformasi elasto-plastis dan menahan gempa besar.

2.6.1. Pengertian Daktilitas

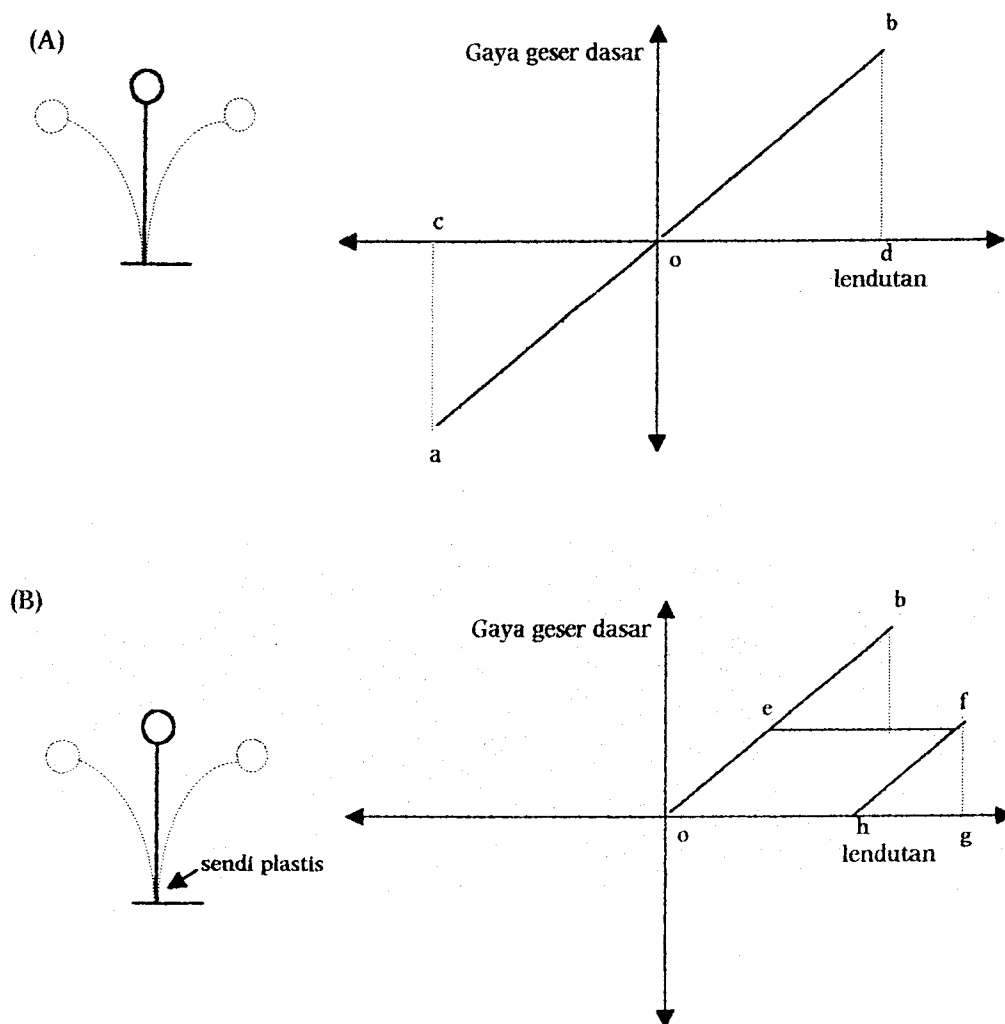
Daktilitas sebagai suatu kriteria desain struktur tahan gempa mempunyai pengertian sebagai berikut :

DAKTILITAS

Untuk menggambarkan pengertian daktilitas dapat ditinjau perilaku suatu struktur yang berupa suatu sistem bandul bermassa dengan satu derajat kebebasan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.2. Responsnya yang bersifat elastik murni akan menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dengan defleksi lateral seperti pada gambar 2.2.(a), dimana titik b adalah respons maksimum bandul. Daerah *abd* di bawah grafik menunjukkan besar energi potensial yang tersimpan bila struktur menyimpang sampai mencapai nilai d. Sambil struktur tersebut bergetar dari kedudukan b melalui kedudukan awal o, seluruh energi potensial tadi dirubah menjadi energi kinetik dan kembali disimpan lagi sebagai energi potensial pada kedudukan a.

Jika pada bandul yang sama tetapi suatu sendi plastis boleh terjadi, sehingga struktur tersebut berperilaku yang jika diidealisasikan adalah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.2.(b). Titik e menunjukkan gaya geser yang berhubungan dengan kapasitas momen dari sendi plastis. Struktur tersebut tidak memberikan respons dengan menyimpang sampai mencapai simpangan elastik penuh yang ditunjukkan oleh b, tetapi akan mengikuti garis e - f sampai struktur tersebut berhenti pada kedudukan f. Energi kinetik di o dirubah menjadi energi potensial seperti yang ditunjukkan oleh bidang *oefg* (energi

total yang disimpan pada kedudukan simpangan maksimum), dan gaya gesernya telah dibatasi besarnya oleh terbentuknya sendi plastis itu.



GAMBAR 2.2. Respons bandul terhadap gempa

(a). respons elastik

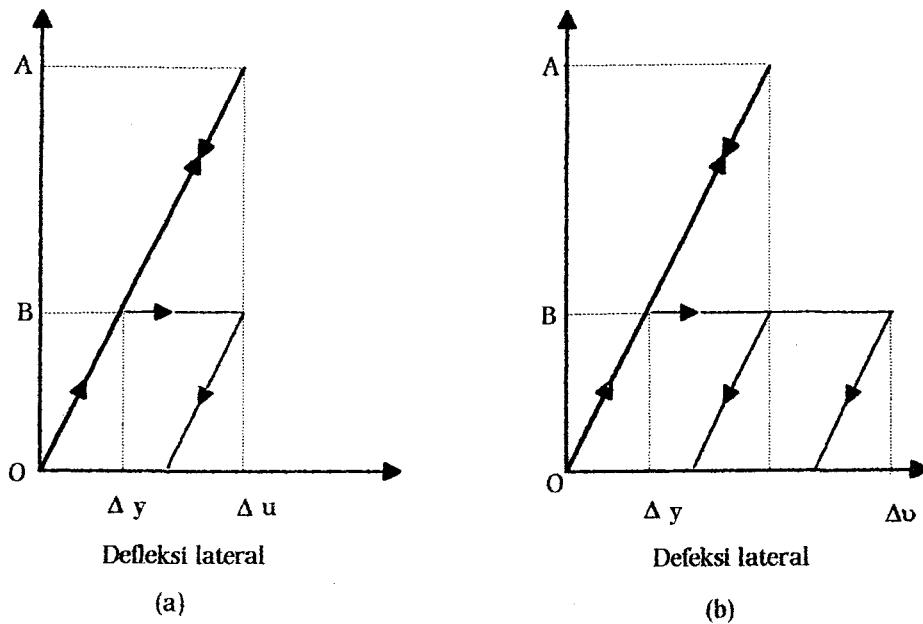
(b). respons elasto-plastis

Suatu ukuran bagi perilaku ini dan bagi kemampuan struktur untuk menyimpan dan memancarkan energi adalah perbandingan antara simpangan maksimum f dan simpangan pada leleh pertama e , yang disebut sebagai 'faktor daktilitas' (μ).

Bila struktur tersebut kembali ke kedudukan 'tanpa gaya' , energi yang diubah menjadi energi kinetik hanya sebesar luasan hfg, karena energi seluas oefg dipancarkan oleh sendi plastis. Jadi pada struktur yang elastis seluruh energi yang diterima diubah semua menjadi energi kinetik, sedangkan struktur yang elasto-plastis ini merupakan dasar bagi teknik pencadangan energi yang digunakan dalam perencanaan struktur yang daktail. Menurut Park dan Paulay, pada kenyataannya beberapa analisa dinamis menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang dicapai kedua type respons bandul tersebut hampir sama.

Seperti diilustrasikan pada gambar 2.3. saat terjadi gempa kuat, struktur yang direncanakan berperilaku elastis harus dapat memikul beban gempa sebesar OA. Bila struktur ternyata mampu berperilaku daktail dengan membentuk sendi plastis, maka taraf pembebanan gempa cukup ditentukan sebesar OB yang beberapa kali lebih kecil dari OA.

Dari serangkaian analisa dinamis menunjukkan, bahwa struktur daktail dengan waktu getar alami T yang relatif panjang cenderung untuk memiliki respons elasto-plastis dengan defleksi maksimum yang sama besar dengan defleksi maksimum respons elastisnya. Besarnya faktor pembatasan beban gempa R sama dengan besarnya daktilitas struktur μ , yang merupakan rasio antara defleksi maksimum Δ_u dan defleksi saat leleh pertama Δ_y . Sedangkan struktur dengan waktu getar alami T yang relatif pendek cenderung berperilaku elasto-plastis dengan energi potensial yang sama besar dengan energi potensial respons elastisnya. Seperti diuraikan dalam *Reinforced Concrete Structures* oleh Park dan Paulay, besarnya faktor pembatasan beban R dalam hal ini sama dengan $\sqrt{(2\mu - 1)}$.



GAMBAR 2.3. Respons struktur yang berperilaku elastis dan elasto-plastis saat terjadi gempa besar.

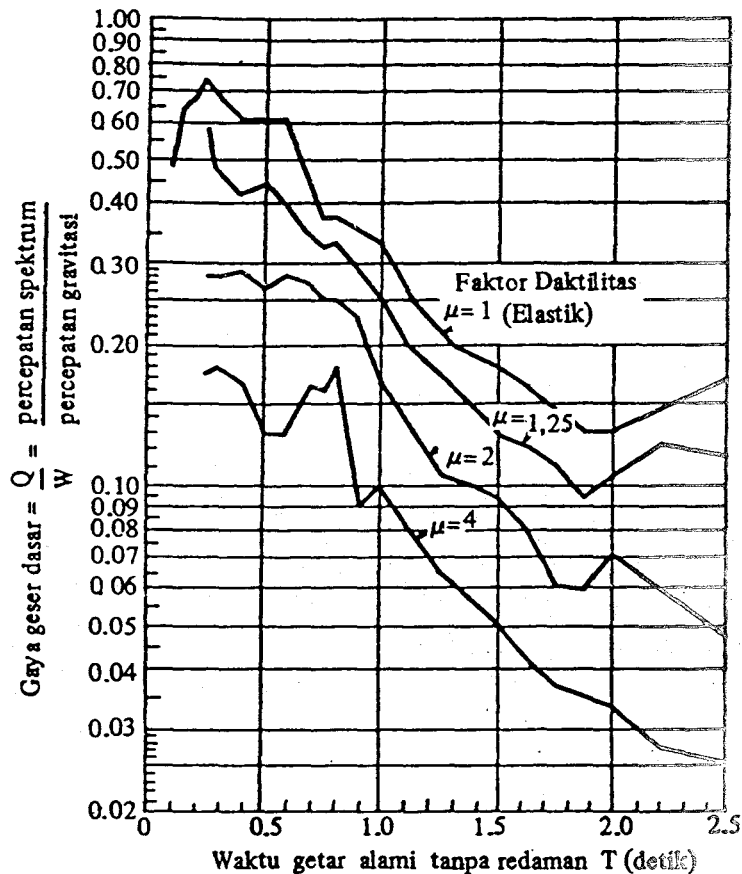
(a). Respons dengan defleksi maksimum sama

(b). Respons dengan energi potensial sama

Struktur beton bertulang yang daktail dapat mengurangi gaya geser gempa yang terjadi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.4 yang menunjukkan perilaku sebuah bandul getar sederhana dengan satu derajat kebebasan yang elasto-plastis dengan redaman sebesar 10% dari redaman kritis, jika mengalami gempa El Centro 1940. Dari gambar tersebut dapat dilihat adanya pengurangan yang menyolok dari gaya geser dasar yang terjadi.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada waktu getar sama, gaya geser dasar antara daktilitas 4 ($\mu=4$) dengan daktilitas 1 ($\mu=1$) menunjukkan perbedaan yang berarti. Jadi untuk merancang suatu struktur beton bertulang agar berperilaku daktail tidak perlu menggunakan desain elastis, tetapi cukup menggunakan daktilitas tertentu sehingga dihasilkan gaya geser yang lebih

rendah namun struktur tetap mempunyai lendutan maksimum yang sama seperti apabila didesain secara elastis. Namun demikian daktilitas struktur tersebut perlu dibatasi. Hal ini untuk mencegah timbulnya defleksi arah horisontal agar tidak terlalu besar.



Gambar 2.4 Spektrum percepatan untuk sistem elasto-plastis

dengan 10% redaman kritis untuk gempa El Centro.

Defleksi horisontal yang besar dapat menyebabkan P- Δ efek yang dapat menyebabkan pembesaran pengaruh gaya aksial yang bekerja pada kolom-kolom akibat membesarnya eksentrisitas gaya-gaya aksial tersebut. Jadi struktur melakukan defleksi elasto-plastis tanpa harus runtuh.

2.6.2. Prinsip Pemencaran Energi

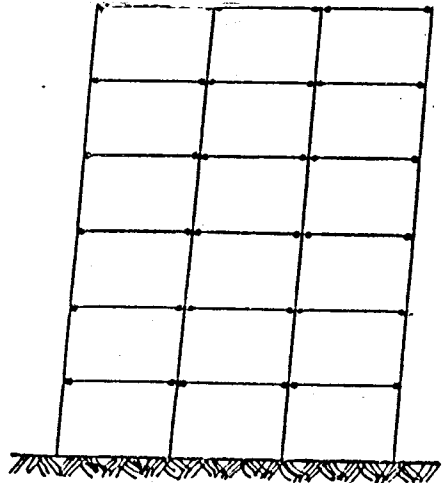
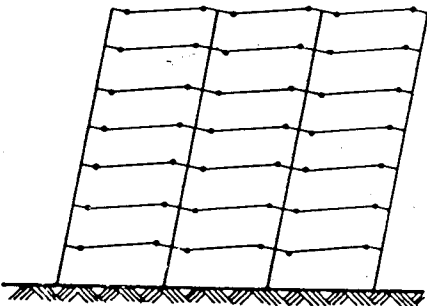
Bila 'gempa kuat rancang' yang mungkin terjadi pada umur bangunan direncanakan membebani struktur, maka struktur dirancang untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa runtuh (collapse). Gempa kuat rancang dalam PPTGIUG '83 direncanakan untuk periode ulang 200 tahun dan disyaratkan bahwa suatu struktur gedung hendaknya mempunyai kemampuan untuk menyimpang paling sedikit 4 kali dari simpangannya pada leleh pertama. Jadi besarnya daktilitas simpangan (displacement ductility) yang tersedia di dalam struktur minimum sebesar 4. Ini berarti bahwa akibat gempa kuat dengan periode ulang 200 tahun, struktur harus mampu untuk tidak runtuh.

Dalam hal ini struktur tersebut harus mampu mengalami perubahan elasto-plastis total sebesar 4 kali simpangan pada batas elatisnya, yaitu pada saat terbentuknya sendi plastis yang pertama. Perilaku struktur yang memuaskan setelah melampaui batas elastis harus terjamin dengan baik. Oleh karena itu mekanisme sendi plastis harus diatur terjadinya, dengan cara di mana dikehendaki terjadi sendi plastis maka kekuatan unsur-unsur yang berbatasan dengannya harus ditingkatkan. Agar kondisi keruntuhan yang memuaskan dapat tercapai, maka mekanisme keruntuhan harus selalu diusahakan berbentuk mekanisme dengan pelelehan pada balok-baloknya dan bukan pada kolom-kolomnya. Tipe-tipe mekanisme runtuh yang mungkin terjadi pada struktur ditunjukkan pada gambar 2.5. dan 2.6.

Guna menjamin terjadinya mekanisme runtuh dengan pembentukan sendi plastis pada balok, *konsep desain kapasitas* diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok portal (*strong*

column weak beam). Keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dari kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi plastis yang cukup besar.

Mekanisme keruntuhan yang diinginkan

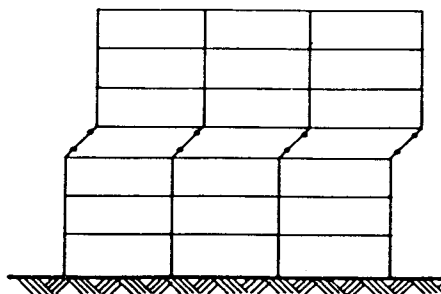


GAMBAR 2.5. Mekanisme goyang dengan pembentukan sendi plastis dalam balok.

(a). Beam sideway mechanism

(b). Sideway mechanism

Mekanisme keruntuhan yang tidak diinginkan



GAMBAR 2.6. Mekanisme goyang dengan pembentukan sendi plastis pada kolom

Pada prinsipnya, dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan di detail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi inelastis yang cukup besar tanpa runtuh. Sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat

Mekanisme runtuh yang sesuai dengan konsep ini adalah beam *sideway mechanism* dan *sideway mechanism*. *Beam sideway mechanism* dapat terjadi pada bangunan yang tidak terlalu tinggi, dimana beban gravitasi lebih dominan dari pada beban gempa. Sedangkan *sideway mechanism* umumnya dapat terjadi pada bangunan tinggi, dimana beban lateral akibat gempa lebih dominan dari pada beban gravitasi.

Mengenai tingkatan dari daktilitas yang direncanakan untuk suatu struktur beton, dalam ketentuan yang ditetapkan dalam SKSNI T-15-1991-03, tingkat daktilitas suatu struktur beton dibagi menjadi tiga yaitu :

Tingkat Daktilitas 1

Struktur beton diproporsikan sedemikian sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail struktur sangat sedikit. Struktur sepenuhnya berperilaku elastis, $\mu=1$.

Beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor $K=4$. Karena besarnya beban gempa, maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan dengan cara ini tidak layak lagi.

2.3 PERATURAN-PERATURAN YANG DIPAKAI

Dalam Tugas Akhir ini, yaitu perencanaan ulang Radisson Plaza Suite Hotel, penulis mempergunakan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia dan juga peraturan-peraturan yang terkait yaitu :

- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
- Pedoman Beton 1989 (PB '89)
- Standart Perhitungan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T - 15 -1991 - 03)
- Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang Biasa Dan Struktur Tembok Bertulang Untuk Gedung 1983

2.4. PEMBEBANAN

Jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung adalah beban vertikal dan beban horisontal. Kemudian untuk analisa gaya-gaya dalam pada struktur utama, dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan di dalam SKSNI 1991.

2.4.1. Beban Vertikal

2.4.1.1. Beban Mati (PPI '83 - 1.1)

- Beban mati ini mencakup semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu.
- Selanjutnya beban mati ini dihitung berdasarkan tabel 2.1 PPI 1983

penyerapan dan pemencaran energi melalui kelakuan deformasi elasto-plastis dan menahan gempa besar.

2.6.1. Pengertian Daktilitas

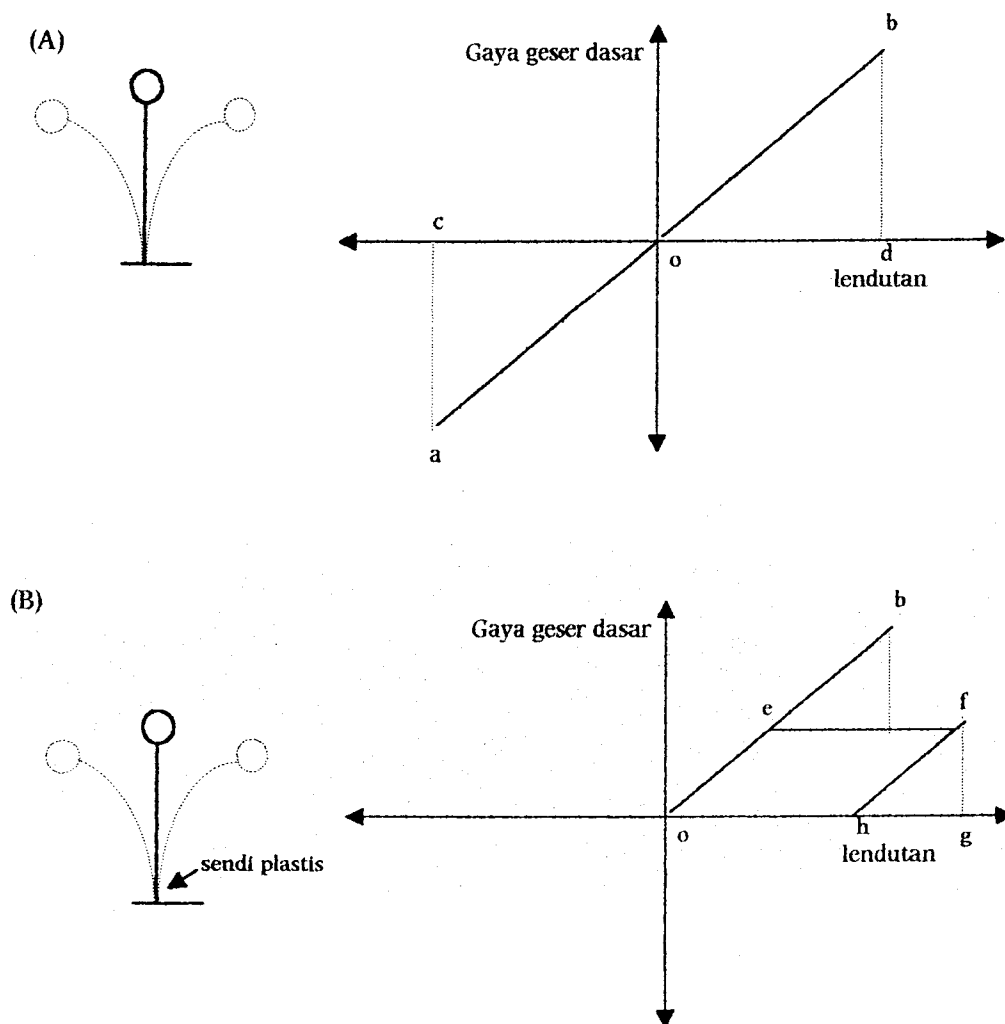
Daktilitas sebagai suatu kriteria desain struktur tahan gempa mempunyai pengertian sebagai berikut :

DAKTILITAS

Untuk menggambarkan pengertian daktilitas dapat ditinjau perilaku suatu struktur yang berupa suatu sistem bandul bermassa dengan satu derajat kebebasan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.2. Responsnya yang bersifat elastik murni akan menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar dengan defleksi lateral seperti pada gambar 2.2.(a), dimana titik b adalah respons maksimum bandul. Daerah *abd* di bawah grafik menunjukkan besar energi potensial yang tersimpan bila struktur menyimpang sampai mencapai nilai d. Sambil struktur tersebut bergetar dari kedudukan b melalui kedudukan awal o, seluruh energi potensial tadi dirubah menjadi energi kinetik dan kembali disimpan lagi sebagai energi potensial pada kedudukan a.

Jika pada bandul yang sama tetapi suatu sendi plastis boleh terjadi, sehingga struktur tersebut berperilaku yang jika diidealisasikan adalah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.2.(b). Titik e menunjukkan gaya geser yang berhubungan dengan kapasitas momen dari sendi plastis. Struktur tersebut tidak memberikan respons dengan menyimpang sampai mencapai simpangan elastik penuh yang ditunjukkan oleh b, tetapi akan mengikuti garis e - f sampai struktur tersebut berhenti pada kedudukan f. Energi kinetik di o dirubah menjadi energi potensial seperti yang ditunjukkan oleh bidang *oefg* (energi

total yang disimpan pada kedudukan simpangan maksimum), dan gaya gesernya telah dibatasi besarnya oleh terbentuknya sendi plastis itu.



GAMBAR 2.2. Respons bandul terhadap gempa

(a). respons elastik

(b). respons elasto-plastis

Suatu ukuran bagi perilaku ini dan bagi kemampuan struktur untuk menyimpan dan memancarkan energi adalah perbandingan antara simpangan maksimum f dan simpangan pada leleh pertama e , yang disebut sebagai 'faktor daktilitas' (μ).

Bila struktur tersebut kembali ke kedudukan 'tanpa gaya' , energi yang diubah menjadi energi kinetik hanya sebesar luasan hfg, karena energi seluas oefg dipancarkan oleh sendi plastis. Jadi pada struktur yang elastis seluruh energi yang diterima diubah semua menjadi energi kinetik, sedangkan struktur yang elasto-plastis ini merupakan dasar bagi teknik pencadangan energi yang digunakan dalam perencanaan struktur yang daktail. Menurut Park dan Paulay, pada kenyataannya beberapa analisa dinamis menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang dicapai kedua type respons bandul tersebut hampir sama.

Seperti diilustrasikan pada gambar 2.3. saat terjadi gempa kuat, struktur yang direncanakan berperilaku elastis harus dapat memikul beban gempa sebesar OA. Bila struktur ternyata mampu berperilaku daktail dengan membentuk sendi plastis, maka taraf pembebanan gempa cukup ditentukan sebesar OB yang beberapa kali lebih kecil dari OA.

Dari serangkaian analisa dinamis menunjukkan, bahwa struktur daktail dengan waktu getar alami T yang relatif panjang cenderung untuk memiliki respons elasto-plastis dengan defleksi maksimum yang sama besar dengan defleksi maksimum respons elastisnya. Besarnya faktor pembatasan beban gempa R sama dengan besarnya daktilitas struktur μ , yang merupakan rasio antara defleksi maksimum Δ_u dan defleksi saat leleh pertama Δ_y . Sedangkan struktur dengan waktu getar alami T yang relatif pendek cenderung berperilaku elasto-plastis dengan energi potensial yang sama besar dengan energi potensial respons elastisnya. Seperti diuraikan dalam *Reinforced Concrete Structures* oleh Park dan Paulay, besarnya faktor pembatasan beban R dalam hal ini sama dengan $\sqrt{(2\mu - 1)}$.

2.6.2. Prinsip Pemencaran Energi

Bila 'gempa kuat rancang' yang mungkin terjadi pada umur bangunan direncanakan membebani struktur, maka struktur dirancang untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa runtuh (collapse). Gempa kuat rancang dalam PPTGIUG '83 direncanakan untuk periode ulang 200 tahun dan disyaratkan bahwa suatu struktur gedung hendaknya mempunyai kemampuan untuk menyimpang paling sedikit 4 kali dari simpangannya pada leleh pertama. Jadi besarnya daktilitas simpangan (displacement ductility) yang tersedia di dalam struktur minimum sebesar 4. Ini berarti bahwa akibat gempa kuat dengan periode ulang 200 tahun, struktur harus mampu untuk tidak runtuh.

Dalam hal ini struktur tersebut harus mampu mengalami perubahan elasto-plastis total sebesar 4 kali simpangan pada batas elatisnya, yaitu pada saat terbentuknya sendi plastis yang pertama. Perilaku struktur yang memuaskan setelah melampaui batas elastis harus terjamin dengan baik. Oleh karena itu mekanisme sendi plastis harus diatur terjadinya, dengan cara di mana dikehendaki terjadi sendi plastis maka kekuatan unsur-unsur yang berbatasan dengannya harus ditingkatkan. Agar kondisi keruntuhan yang memuaskan dapat tercapai, maka mekanisme keruntuhan harus selalu diusahakan berbentuk mekanisme dengan pelelehan pada balok-baloknya dan bukan pada kolom-kolomnya. Tipe-tipe mekanisme runtuh yang mungkin terjadi pada struktur ditunjukkan pada gambar 2.5. dan 2.6.

Guna menjamin terjadinya mekanisme runtuh dengan pembentukan sendi plastis pada balok, *konsep desain kapasitas* diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok portal (*strong*

Pada prinsipnya, dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan di detail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi inelastis yang cukup besar tanpa runtuh. Sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat

Mekanisme runtuh yang sesuai dengan konsep ini adalah beam *sideway mechanism* dan *sideway mechanism*. *Beam sideway mechanism* dapat terjadi pada bangunan yang tidak terlalu tinggi, dimana beban gravitasi lebih dominan dari pada beban gempa. Sedangkan *sideway mechanism* umumnya dapat terjadi pada bangunan tinggi, dimana beban lateral akibat gempa lebih dominan dari pada beban gravitasi.

Mengenai tingkatan dari daktilitas yang direncanakan untuk suatu struktur beton, dalam ketentuan yang ditetapkan dalam SKSNI T-15-1991-03, tingkat daktilitas suatu struktur beton dibagi menjadi tiga yaitu :

Tingkat Daktilitas 1

Struktur beton diproporsikan sedemikian sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail struktur sangat sedikit. Struktur sepenuhnya berperilaku elastis, $\mu=1$.

Beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor $K=4$. Karena besarnya beban gempa, maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan dengan cara ini tidak layak lagi.

Tingkat Daktilitas 2

Struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastik terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas, $\mu=2$. Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas terbatas. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor K minimum = 2.

Tipe ini menghasilkan tuntutan daktilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan desain kapasitas, namun beban gempanya dinaikkan dengan suatu faktor tertentu. Jadi seakan-akan nilai penambahan kekuatan dan daktilitas bisa dipertukarkan (bila beban gempa besar, nilai daktilitas boleh berkurang).

Tingkat Daktilitas 3

Struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastik terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas pemencaran energi yang baik tanpa mengalami keruntuhan, $\mu=4$. Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas penuh. Dalam hal ini beban gempa rencana harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor k minimum = 1. Pada kondisi ini , yaitu saat struktur dilanda gempa, tidak seluruh energi potensial yang tersimpan dikembalikan menjadi energi kinetik. Taraf gempa rencana yang ditetapkan bertujuan agar suatu struktur gedung tidak rusak saat dilanda gempa-gempa kecil atau sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat struktur tersebut mampu

melakukan perubahan bentuk secara daktail dengan memancarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur.

Untuk menghasilkan perilaku yang baik setelah struktur melampaui batas elastiknya, maka mekanisme terjadinya sendi plastik pada komponen-komponen struktur perlu dikendalikan. Perencanaan penempatan dan pengendalian sendi-sendi plastik ini adalah merupakan konsep dasar "Desain Kapasitas"

BAB III

PERENCANAAN PELAT

3.1 UMUM

Perumusan-perumusan dan teori yang digunakan dalam perencanaan pelat ini adalah berdasarkan pada SK-SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Di bawah ini diuraikan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pelat.

Peraturan-peraturan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pelat adalah:

SK-SNI T-15 1991-03

1. Pasal 3.2.5 : Mengenai lendutan dan tebal minimum pelat.
2. Pasal 3.16.6.5 : Mengenai jumlah tulangan lentur maksimum.
3. Pasal 3.16.12 : Mengenai tulangan susut minimum.
4. Bab III.3.6 : Mengenai sistem pelat dua arah.

Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

1. Bab I. : Mengenai pembebanan secara umum.
2. Bab II. : Mengenai beban mati.
3. Bab III. : Mengenai beban hidup.

Pada perencanaan gedung ini ada banyak macam jenis pelat yang berbeda ukurannya maupun pembebanannya. Untuk memudahkan dan mengidentifikasi, maka penulangan pelat akan disajikan dalam bentuk tabel

dengan memakai bantuan software Quatro Pro. Adapun type - typenya dibedakan dalam type A, B, C, dan seterusnya, menurut ukuran pelat. Sedangkan tiap-tiap type (ukuran) ini akan dibagi lagi menurut pembebanannya. Pembuatan tabel penulangan pelat ini dilakukan pada tiap-tiap lantai.

3.2. SISTEM PEMBALOKAN LANTAI

Pada perencanaan pelat terdapat sistem pelat satu arah dan sistem pelat dua arah dengan menggunakan balok induk dan balok anak. Sistem pelat disebut satu arah (*one - way slab*), bila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar dari 2 (dua). Sedangkan sistem pelat disebut dua arah (*two-way slab*), bila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari 2 (dua).

Balok induk adalah balok yang berfungsi menghubungkan kolom-kolom dan dinding geser, serta sebagai balok tepi. Balok ini mempunyai kekakuan relatif dan dimensi yang lebih besar dibandingkan dengan balok anak. Sedangkan yang disebut balok anak adalah yang berfungsi menghubungkan balok-balok induk, membebani balok induk dan untuk memperkecil bentang dari pelat.

3.3. KUAT PERLU DAN KUAT RANCANG

3.3.1. Kuat Perlu

Struktur dan komponen-komponen dirancang sedemikian rupa sehingga semua penampang mempunyai kuat rancang yang minimumnya sama dengan kuat perlu. Kuat perlu dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya

berfaktor yang sesuai dengan ketentuan dalam ayat 3.2.2. SK-SNI T-15-1991-03. Dan kombinasi beban yang ditinjau adalah akibat beban mati (D), beban hidup (L), dimana $U = 1.2 D + 1.6 L$

3.3.2. Kuat Rancang

Dalam menentukan kuat rancang suatu komponen struktur, maka kuat minimalnya harus direduksikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang sesuai dengan sifat beban. Kuat rencana yang tersedia pada suatu komponen struktur, sambungannya dengan struktur lain, dan penampangnya, dalam kriteria lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai kekuatan nominal dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan dari ayat 3.2.3 butir 2 SK-SNI T-15-1991-03.

3.4 DATA PERENCANAAN

- Mutu beton : K-300

$$f_{ck}' = 300 \text{ kg/cm}^2 = 30 \text{ MPa.}$$

Berdasarkan pasal 4.1.2.1. PB '89, kuat tekan beton pada umur 28 hari dari hasil test silinder :

$$\begin{aligned} f_c' &= (0.76 + 0.2 \log (f_{ck}' / 15)) \cdot f_{ck}' \\ &= (0.76 + 0.2 \log (30 / 15)) \cdot 30 \\ &= 24.61 \text{ MPa} \approx 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dan menurut pasal 8.5.1 PB '89, modulus elastisitas untuk beton normal dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'}, \quad f_c' \text{ dalam MPa, sehingga} \\ E_c &= 4700 \sqrt{25} \\ E_c &= 23500 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

- Mutu Baja (U 32)

$$f_y = 320 \text{ MPa} = 3200 \text{ kg/cm}^2$$

- Tebal pelat rencana :

- tebal pelat atap : 12 cm

- tebal pelat lantai : 12 cm

3.5. PEMBEBANAN PELAT

Pembebanan pelat didasarkan pada *Peraturan Pembebanan Indonesia*

Untuk Gedung 1983, yaitu :

1. Beban mati

Untuk berbagai fungsi ruangan, terdiri dari berat pelat sendiri, plafon + penggantung, spesi dan tegel. Untuk pelat atap terdiri dari berat sendiri pelat, plafon + penggantung, dan finishing.

2. Beban hidup

Tergantung dari fungsi ruangnya

Beban-beban hidup yang terjadi pada gedung ini antara lain sebagai berikut :

- Atap	: 100 kg/m ²
- Lantai kantor	: 250 kg/m ²
- Lantai ruang mesin	: 400 kg/m ²
- Tangga dan bordes	: 300 kg/m ²
- Lobby hotel	: 300 kg/m ²
- Ruang pertemuan	: 400 kg/m ²
- Lantai disco/music room	: 500 kg/m ²

- Gudang	: 400 kg/m ²
- Restoran	: 250 kg/m ²
- Dinding	: 1700 kg/m ²

Beban-beban yang bekerja pada pelat antara lain :

1. Beban yang bekerja pada pelat atap :

- Beban mati :

- Berat sendiri	= 0.12 x 2400	= 288 kg/m ²
- Plafon + penggantung	= 11 + 7	= 18 kg/m ²
- Ducting AC + pipa-pipa		= 10 kg/m ²
- Aspal (1 cm)	= 0.01 x 1400	= 14 kg/m ²
- Pasir (1 cm)	= 0.01 x 1600	= 16 kg/m ²
- Finishing		= 50 kg/m ²
		<hr/>
	qm	= 396 kg/m ²

- Beban hidup : qh = 100 kg/m²

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 \times q_m + 1.6 \times q_h \\
 &= 1.2 \times 396 + 1.6 \times 100 \\
 &= 635.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Beban yang bekerja pada lantai kamar, restoran dan ruang kantor :

- Beban mati :

- Berat sendiri	= 0.12 x 2400	= 288 kg/m ²
- Plafon + penggantung	= 11 + 7	= 18 kg/m ²
- Ducting AC + pipa-pipa		= 10 kg/m ²

- Lantai + finishing	= 150 kg/m ²
	<hr/>
	qm = 466 kg/m ²

- Beban hidup	:	qh = 250 kg/m ²
---------------	---	----------------------------

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 \times q_m + 1.6 \times q_h \\
 &= 1.2 \times 466 + 1.6 \times 250 \\
 &= 959.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

3. Beban yang bekerja pada ruang mesin dan gudang :

Beban mati :	qm = 466 kg/m ²
--------------	----------------------------

Beban hidup:	qh = 400 kg/m ²
--------------	----------------------------

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.2 \times q_m + 1.6 \times q_h \\
 &= 1.2 \times 466 + 1.6 \times 400 \\
 &= 1199.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4. Beban yang bekerja pada lantai disco :

- Beban mati :

- Berat sendiri	=	0.12 x 2400	= 288 kg/m ²
-----------------	---	-------------	-------------------------

- Plafon + penggantung	=	11 + 7	= 18 kg/m ²
------------------------	---	--------	------------------------

- Ducting AC + pipa-pipa	=	10 kg/m ²
--------------------------	---	----------------------

- Lantai + finishing	= 150 kg/m ²
	<hr/>
	qm = 466 kg/m ²

- Beban hidup :	qh = 500 kg/m ²
-----------------	----------------------------

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga} \quad & : \quad q_u = 1.2 \times q_m + 1.6 \times q_h \\
 & = 1.2 \times 466 + 1.6 \times 500 \\
 & = 1359.2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

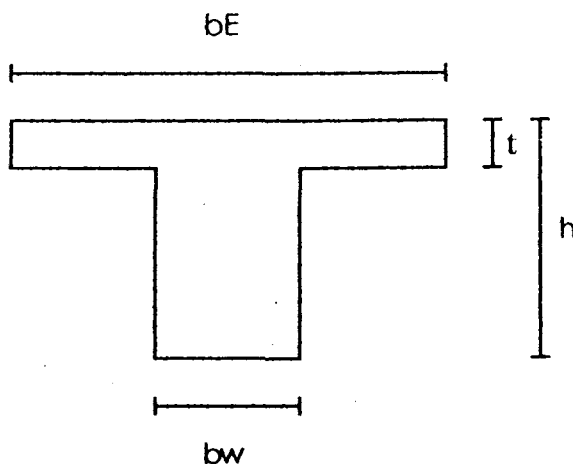
3.6. PERHITUNGAN PELAT

Dengan data-data dan perumusan yang ada, perencanaan dan perhitungan pelat dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Perhitungan rasio kekakuan balok dan pelat
- Preliminary desain tebal pelat
- Perhitungan gaya dalam pelat
- Tulangan susut dan suhu
- Perhitungan penulangan pelat
- Kontrol retak
- Contoh perhitungan
- Kontrol lendutan

3.6.1 Perhitungan rasio kekakuan balok dan pelat

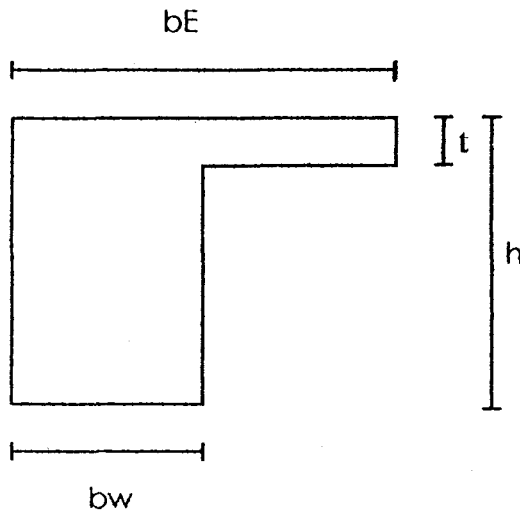
- Untuk balok tengah (*interior beam*)



$$b_E = b_w + 8t, \text{ atau}$$

$$b_E = b_w + 2(h - t) \rightarrow \text{diambil } b_E \text{ yang terkecil}$$

- Untuk balok tepi (*Exterior beam*)



$$b_E = b_w + 4t$$

$$b_E = b_w + (h - t) \rightarrow \text{diambil } b_E \text{ yang terkecil}$$

Dari kedua harga b_E ini diambil harga yang terkecil untuk masing-masing balok yang ditinjau.

Kemudian dicari harga :

$$\frac{b_E}{b_w} ; \frac{b_E}{b_w} - 1 \quad \text{dan} \quad \frac{t}{h}$$

Setelah itu dapat dihitung nilai konstanta k , dengan perumusan :

$$K = \frac{1 + (b_E/b_w - 1)(t/h)[4 - 6(t/h)^2 + (b_E/b_w - 1)(t/h)^3]}{1 + (b_E/b_w - 1)(h/t)}$$

- Menghitung momen inersia balok (I_b) dan momen inersia pelat/slab (I_s)

$$I_b = K \times \frac{b_w \times h^3}{12}, \text{ dimana :} \quad \begin{array}{l} b = \text{lebar balok} \\ h = \text{tinggi balok} \end{array}$$

$I_s = \frac{L_x \times t^3}{12}$, dimana : L_x = lebar pelat yang harus dipikul oleh balok yang ditinjau

t = tebal pelat

- Menghitung rasio kekakuan antara balok dan pelat

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s}$$

Disini diasumsikan bahwa mutu beton yang dipakai untuk balok dan pelat adalah sama (K-300), jadi harga :

$$E_{cb} = E_{cs} \text{ , sehingga } \alpha = \frac{I_b}{I_s}$$

Dari pelat yang kita analisa, kita hitung semua nilai α dari balok-balok pada sisi-sisi pelat (tumpuan pelat).

- Menghitung nilai α_m , β , β_s

$$\alpha_m = 1/4 \times [\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4]$$

dimana : α_m = merupakan nilai rata-rata dari keempat α dari suatu pelat

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

dimana : L_n = bentang panjang bersih dari pelat

S_n = bentang pendek bersih dari pelat

β_s = perbandingan antara sisi panel yang menerus terhadap keseluruhan sisi pelat

3.6.2 Preliminary Desain Tebal Pelat

- Menghitung batasan tebal pelat

PB '89 pasal 9.5.3.1. mensyaratkan bahwa tebal minimum dari pelat atau komponen struktur dua arah lainnya, dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek tidak melebihi dua, ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$h_{\min 1} = \frac{L_n \times (800 + f_y / 1.5)}{36000 + 5000\beta \times [\alpha_m - 0.5(1 - \beta_s) \times (1 + 1/\beta)]}$$

tidak kurang dari :

$$h_{\min 2} = \frac{L_n \times (800 + f_y / 1.5)}{36000 + 5000\beta \times (1 + \beta_s)}$$

tebal pelat juga tidak boleh kurang dari :

$h_{\min 3} = 90 \text{ mm}$, untuk nilai α_m minimum sama dengan 2.0
tetapi tidak boleh lebih dari :

$$h_{\max} = \frac{L_n \times (800 + f_y / 1.5)}{36000}$$

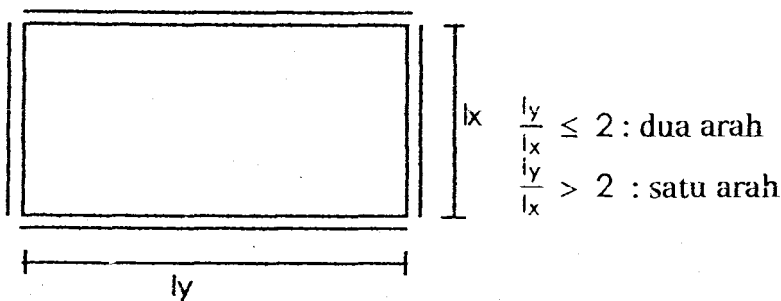
Namun lebih lanjut ditegaskan dalam pasal 9.5.3.4. PB '89 bahwa tebal pelat yang lebih kecil dari batasan minimum yang ditentukan dalam pasal 9.5.3.1 , 9.5.3.2 dan 9.5.3.3. boleh digunakan bila dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditentukan dalam tabel 9.5.(b).

3.6.3 Perhitungan Gaya Dalam Pelat

Perhitungan gaya dalam pelat pada gedung ini menggunakan dua macam metode. Untuk pelat persegi yang menerima beban merata, dipakai koefisien momen PBI '71.

Adapun langkah-langkah perhitungan gaya dalam pada pelat dengan memakai tabel koefisien momen PBI '71 adalah sebagai berikut :

Ukuran pelat :



- Beban ultimate :

$$q_u = 1.2 \times q_m + 1.6 \times q_h$$

Besarnya momen pada pelat dihitung dengan perumusan yang terdapat dalam PBI '71 Bab 13.3. Tumpuan dari keempat sisi pelat diasumsikan sebagai jepit elastis, jadi tabel yang digunakan adalah Tabel 13.3.2.II.

Dari harga $\frac{l_y}{l_x}$ ini selanjutnya dapat dicari :

C_x, C_y

$$M_{lx} = - M_{ty} = 0.001 q_u l_x^2 C_x$$

$$M_{ly} = - M_{tx} = 0.001 q_u l_y^2 C_y$$

Sedangkan pelat yang ada beban dindingnya dianalisa dengan menggunakan bantuan software SAP 90. Dalam hal ini beban dinding menjadi beban garis. Input dari analisa SAP dapat dilihat di bagan akhir bab ini

3.6.4. Perhitungan Penulangan Pelat

Untuk menghitung penulangan pada pelat kita harus mengacu pada SK-SNI-T-15-1991-03. Khusus pada pasal-pasal 3.1.4. dan 3.3.2. Mutu beton yang dipakai : K-300, jadi $f_c' = 24.61$ MPa. Pada SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.2. butir 7, sub butir 3 menyatakan bahwa untuk $f_c' \leq 30$ MPa, maka nilai $\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

Sesuai dengan SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.3. ayat 3 :

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

dan sesuai dengan pasal 3.3.5. ayat 1 bahwa :

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

Decking (selimut beton) diambil minimum = 20 mm (SK-SNI-15-1991-03, pasal 3.16.7.1.)

Penulangan yang dilakukan meliputi dua arah yaitu arah x dan arah y.

- Penulangan arah x

dicari harga $dx \rightarrow dx = ts - \text{decking} - 1/2 D$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} ; f_y \text{ dan } f_c' \text{ (dalam MPa)}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b dx^2} ; M_u \text{ (dalam N-mm)}$$

b (dalam mm)

dx (dalam mm)

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 m R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d_x$$

Dalam pasal 3.3.5. butir 2. SK-SNI-T-15-1991-03 dijelaskan bahwa sebagai alternatif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

Ini mengandung pengertian bahwa setelah menghitung ρ (ρ analisis), ternyata harganya di bawah ρ_{min} , maka bisa memakai harga $\rho = 1\frac{1}{3} \rho$ analisis, selama harga $1\frac{1}{3} \rho$ analisis ini masih dibawah ρ_{min} , sedangkan nilai $1\frac{1}{3} \rho$ analisis sudah melampaui ρ_{min} , maka harus memakai ρ_{min} .

- Penulangan arah y

$$d_y = t_s - \text{decking} - \frac{1}{2} D - D$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} \quad ; \quad R_n = \frac{M_u}{\phi b d_y^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 m R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d_y$$

3.6.5. Tulangan Susut dan Suhu

Tulangan susut dan suhu hanya disediakan untuk pelat-pelat dimana tulangan lenturnya memanjang dalam satu arah saja (pelat satu arah) dan pelat-pelat yang berhubungan secara langsung dengan sinar matahari (pelat atap).

Tulangan susut dan suhu dipasang tegak lurus dengan arah tulangan memanjang dengan spasi tidak boleh lebih dari lima kali tebal pelat atau 500 mm. Rasio tulangan susut dan suhu harus diambil sebesar 0.002 (0.2 %) untuk pelat yang menggunakan tulangan deform mutu 300 \approx U-32. Atau dengan rumus :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0.002 \times A_{\text{brutto}}$$

3.6.5. Kontrol Lendutan

SK-SNI-T-15-1991-03 pasal 9.5.5.2. menyatakan bahwa bila tebal pelat yang kita pakai sudah memenuhi kriteria pasal 9.5.3.1. (dalam hal ini : $h_{\min} < h_{\text{pakai}} < h_{\max}$), maka lendutan yang terjadi tidak perlu dikontrol. Lendutan dikontrol apabila h yang dipakai kurang dari h_{\min} atau lebih besar daripada h_{\max} . Berdasarkan ketentuan Standar beton 1991, maka perhitungan lendutan dilakukan seperti berikut :

- Modulus keruntuhan lentur dari beton

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c}$$

- Momen inersia penampang bruto untuk lebar tipikal 1000 mm:

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3$$

- Momen retak penampang beton

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

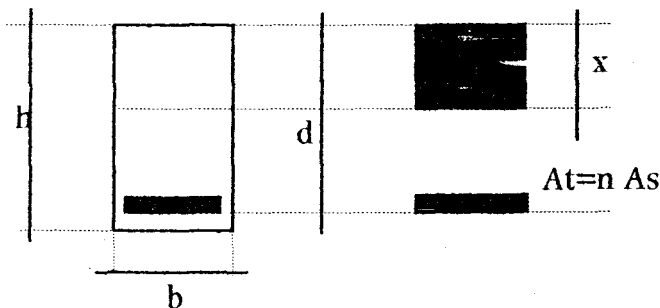
- Rasio modulus elastisitas untuk beton dengan $f_c' = 25 \text{ MPa}$:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

dimana :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

- Perhitungan momen inersia penampang retak transformasi I_{cr} dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar berikut :



letak garis netral x adalah :

$$\frac{b x^2}{2} = n A_s (d - x)$$

- Momen inersia yang dipakai adalah :

$$I_c = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

dimana :

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b x^3 + n A_s (d - x)^2$$

- Lendutan jangka pendek

$$(\Delta)_i = \frac{5 q_D L^3}{384 E I} < \frac{L}{360} \text{ (mm)}$$

- Lendutan akibat rangkai dan susut untuk lama pembebanan 5 tahun atau lebih dihitung seperti berikut :

$$\lambda = k_r E = \frac{E}{1 + 50 \rho}$$

$$(\Delta)_{cp+sh} = \lambda (\Delta)_i$$

lendutan jangka panjang total yang terjadi :

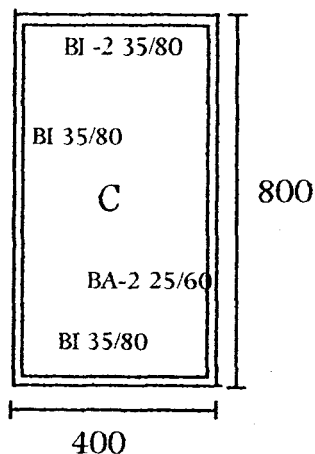
$$(\Delta)_T = (\Delta)_{cp+sh} + (\Delta)_i < \frac{L}{480} \text{ (mm)}$$

3.6.6. Kontrol Retak

Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon didalam buku karangannya yaitu "*Reinforced Concrete Design*" mengatakan bahwa sistem pelat dua arah yang menggunakan tulangan dengan $f_y < 6000 \text{ psi}$ (413,7 MPa) tidak perlu dilakukan peninjauan retak yang terjadi. Mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan pelat ini adalah tulangan U-32 dengan $f_y = 320 \text{ MPa} < 413,7 \text{ MPa}$, jadi retak tidak perlu diperiksa.

Contoh Perhitungan Pelat Lantai

Sebagai contoh perhitungan pelat Type A dengan dimensi seperti pada gambar berikut :



Tebal pelat diambil : 12 cm

- Balok Exterior BI-2 (35/80)

$$\begin{aligned} b_E &= b_w + (h - t) \\ &= 35 + (80 - 12) \\ &= 103 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$bE = bw + 4t$$

$$= 35 + 4 \times 12$$

$$= 83 \text{ cm}$$

diambil harga bE yang terkecil, jadi $bE = 83 \text{ cm}$.

$$\frac{bE}{bw} = \frac{83}{35} = 2.37 ; \frac{bE}{bw} - 1 = 1.37 ; \frac{t}{h} = \frac{12}{80} = 0.15$$

maka :

$$K = \frac{1 + (1.37 \times 0.15) \times [(4 - (6 \times 0.15)) + (4 \times 0.15^2) + (1.37 \times 0.15^3)]}{[1 + (1.37 \times 0.15)]}$$

$$K = 1.374$$

$$Ib = K \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1.374 \times 35 \times 80^3}{12} = 2051840 \text{ cm}^4$$

$$Is = \frac{1}{12} bs t^3 = \frac{400 \times 12^3}{12} = 57600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{Ecb \times Ib}{Ecs \times Is}, \text{ karena } Ecb = Ecs \text{ maka}$$

$$\alpha_1 = \frac{Ib}{Is} = \frac{2051840}{57600} = 35.622$$

- Balok Interior BI (35/80)

$$bE = bW + 8t$$

$$bE = bW + 2(h - t)$$

$$bE = 35 + 8 \times 12 = 131 \text{ cm}$$

$$bE = 35 + 2(80 - 12) = 171 \text{ cm}$$

diambil $bE = 131 \text{ cm}$

$$\frac{bE}{bs} = 3.74 ; \frac{bE}{bs} - 1 = 2.74 ; \frac{t}{h} = 0.15$$

$$K = 2.034$$

$$Ib = 307440 \text{ cm}^4$$

$$I_s = 57600$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{307440}{57600} = 52.733$$

- Balok Interior BA-2 (25/60)

$$b_E = 25 + (60 - 12)$$

$$= 73 \text{ cm}$$

$$b_E = 25 + 4 \times 12$$

$$= 73 \text{ cm}$$

diambil $b_E = 73 \text{ cm}$, maka :

$$\frac{b_E}{b_w} = \frac{73}{25} = 2.92 \quad ; \quad \frac{b_E}{b_w} - 1 = 1.92 \quad ; \quad \frac{t}{h} = \frac{12}{60} = 0.2$$

$$K = 1.770$$

$$I_b = \frac{1.770 \times 25 \times 60^3}{12} = 796500 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{800 \times 12^3}{12} = 115200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{796500}{115200} = 6.914$$

- Balok Interior BI (35/80)

$$b_E = 131 \text{ cm}$$

$$b_E = 171 \text{ cm}$$

diambil $b_E = 131 \text{ cm}$

$$K = 2.034$$

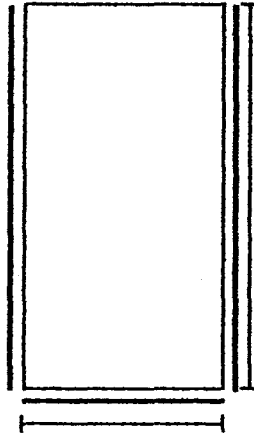
$$I_b = 307440 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{800 \times 12^3}{12} = 115200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{307440}{115200} = 2.669$$

$$\alpha_4 = \frac{35.622 + 52.733 + 6.914 + 2.669}{4} = 24.495$$

- Ukuran Pelat :



$$L_n = 800 - 35 = 765 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 - 0.5 \cdot 25 - 0.5 \cdot 35 = 370 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{765}{370} = 2.068$$

$$\beta_s = \frac{370 + 765 + 765}{(370 + 370 + 765 + 765)} = 0.837$$

$$h_{\min 1} = \frac{7650 \times (800 + \frac{320}{1.5})}{36000 + 5000 \times 2.068 \times [24.495 - 0.5 \times (1 - 0.837) \times (1 + \frac{1}{2.068})]}$$

$$= 39.55 \text{ mm}$$

$$h_{\min 2} = \frac{7650 \times (800 + \frac{320}{1.5})}{36000 + (5000 \times 2.068 \times (1 + 0.837))}$$

$$= 140.9 \text{ mm}$$

$h_{\min 3} = 90 \text{ mm}$, untuk nilai α_m minimum sama dengan 2.0

$$h_{\max} = \frac{7650 \times (800 + \frac{320}{1.5})}{36000}$$

$$= 215.333 \text{ mm}$$

Tebal yang diambil, $t = 12$ cm, jadi kurang dari h_{\min} , maka perlu kontrol lendutan.

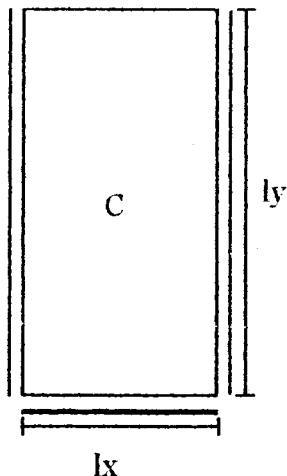
- Kontrol Retak

Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon di dalam buku karangannya yaitu *"Reinforced Concrete Design"* mengatakan bahwa sistem pelat dua arah yang menggunakan tulangan dengan $f_y < 6000$ psi (413.7 MPa) tidak perlu dilakukan peninjauan retak yang terjadi. Mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan pelat ini adalah tulangan U-32 dengan $f_y = 320$ MPa < 413.7 MPa, jadi retak tidak perlu diperiksa.

- Perhitungan Gaya Dalam

Pelat Type C (400 x 800)

$$q_u = 959.2 \text{ kg/m}^2$$



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{8}{4} = 2 \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} C_x &= 62 \\ C_y &= 34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lx} = -M_{tx} &= 0.001 \ q_u \ l_x^2 \ C_x \\ &= 0.001 \times 959.2 \times 4^2 \times 62 \end{aligned}$$

$$= 951.526 \text{ kg-m}$$

$$= 951.526 \cdot 10^4 \text{ N-mm}$$

$$M_{ly} = - M_{ty} = 0.001 q_u l_x^2 C_x$$

$$= 0.001 \times 959.2 \times 4^2 \times 34$$

$$= 521.805 \text{ kg-m}$$

$$= 521.805 \cdot 10^4 \text{ N-mm}$$

- Penulangan arah x :

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= \frac{0.85 \times 24.61 \times 0.85}{320} \times \left[\frac{600}{600 + 320} \right]$$

$$= 0.0362$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0362 = 0.0272$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$d_x = 120 - 20 - \frac{1}{2} 10 = 95 \text{ mm}$$

$$m = \frac{320}{0.85 \times 24.61} \quad ; f_y \text{ dan } f_c' \text{ (dalam MPa)}$$

$$= 15.297$$

$$R_n = \frac{951.526 \cdot 10^4}{0.8 \times 1000 \times 95^2} \quad \mu (\text{ dala N-mm })$$

$$b \text{ (dalam mm)}$$

$$= 1.318$$

dx (dalam mm)

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.297} \left[1 - \sqrt{1 - (2 \times 15.297 \times \frac{1.318}{320})} \right]$$

$$= 0.00426 < \rho_{\text{min}} = 0.004375$$

maka ρ yang dipakai adalah $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0.004375 \times 1000 \times 95$$

$$= 415.625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan D 10 - 175} \longrightarrow A_s = 449 \text{ mm}^2$$

- Penulangan arah y :

$$d_y = 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} 10 = 85 \text{ mm}$$

$$m = 15.297$$

$$R_n = \frac{521.805 \cdot 10^4}{0.8 \times 1000 \times 85^2} = 0.903$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.297} \left[1 - \sqrt{1 - 2 \times 15.297 \times \frac{0.903}{320}} \right]$$

$$= 0.00288 < \rho_{\text{min}} = 0.004375$$

maka ρ yang dipakai adalah $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0.004375 \times 1000 \times 85$$

$$= 371.875 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan D 10 - 200} \longrightarrow A_s = 393 \text{ mm}^2$$

Untuk perhitungan pada type-type pelat yang lain akan ditampilkan dalam bentuk tabel.

- Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}\text{As terpasang : arah x } \phi 10 - 175 &= 449 \text{ mm}^2 \\ \text{arah y } \phi 10 - 200 &= 393 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 0.7 \sqrt{24.61} = 3.472592691$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{24.61} = 23315.9795$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \cdot 10^5}{23315.980} = 8.577808194 \approx 9$$

Momen Inersia penampang tanpa tulangan (I_g) :

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 1000 \cdot 120^3 = 144000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{3.473 \times 144000000}{60} = 8334222.458 \text{ N-mm}$$

- Arah X :

$$d_{ada} = 95 \text{ mm}$$

$$M_{max} = 951.526 \text{ kg-m}$$

Mencari letak cgc transformasi (sejarak x dari serat atas) :

$$b x \left(\frac{x}{2} \right) = n A_s (d - x)$$

$$1000 \times x \left(\frac{x}{2} \right) = 9 \times 449 \times (95 - x)$$

$$x^2 + 8.082x - 767.79 = 0$$

$$x = 23.96 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b x^3 + n A_s (d - x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 1000 \times 23.96^3 + 9 \times 449 \times (95 - 23.96)^2$$

$$I_{cr} = 24978638.73 \text{ mm}^4$$

$$\frac{M_{cr}}{M_{max}} = \frac{8334222.458}{951.526 \times 10^4} = 0.875879635$$

$$\left[\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right]^3 = 0.875878635^3 = 0.671944318$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = 0.672 \times 144000000 + (1 - 0.672) \times 24978638.73$$

$$I_e = 104960993.5 < I_g, \text{ sehingga } I_e = 104960993.5$$

sehingga lendutan yang terjadi :

$$\delta_D = \frac{5 q L^3}{384 E_c I_e}$$

$$\delta_D = \frac{5 \times 959.2 \times 10^{-2} \times 4000^3}{384 \times 23315,980 \times 104960993.5} = 0.00327 \text{ mm}$$

Lendutan ijin

$$\delta = \frac{L}{360} = \frac{4000}{360} = 11.11 \text{ mm} > 0.00327 \text{ mm}$$

Lendutan akibat rangkai dan susut untuk lama pembebanan 5 tahun atau lebih dihitung seperti berikut :

$$\lambda = \frac{E}{1 + 50\rho} = 2.0$$

$$\Delta_{cp+sh} = \lambda \Delta_i = 2.0 \times 0.00327 = 0.00654 \text{ mm}$$

Lendutan jangka panjang total yang terjadi :

$$\Delta_T = \Delta_{cp+sh} + \Delta_i$$

$$\Delta_T = 0.0654 + 0.0327 = 0.00981 \text{ mm} < \frac{L}{480} = 8.33 \text{ mm}$$

- Arah Y :

$$d_{ada} = 85 \text{ mm}$$

$$M_{max} = 521.805 \text{ kg-m}$$

Mencari letak cgc transformasi (sejarak x dari serat atas) :

$$b \times \left(\frac{x}{2} \right) = n A_s (d - x)$$

$$1000 \times x \left(\frac{x}{2} \right) = 9 \times 393 (85 - x)$$

$$x^2 + 7.074 - 672.03 = 0$$

$$x = 22.627 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b x^3 + n A_s (d - x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 1000 + 9 \times 393 (85 - 22.627)^2$$

$$I_{cr} = 25344910.43$$

$$\frac{M_{cr}}{M_{max}} = \frac{8334222.458}{521.526} = 1.598045439$$

$$\left[\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right]^3 = 1.598^3 = 4.081007302$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{max}} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = 4.081 \times 144000000 + (1 - 4.081) \times 25344910.43$$

$$I_e = 509577197.4 > I_g, \text{ maka } I_e = I_g = 144000000$$

sehingga lendutan yang terjadi :

$$\Delta_i = \frac{5 \times 521.805 \cdot 10^{-2} \times 8000^3}{384 \times 23315.980 \times 144000000} = 0.0103 \text{ mm}$$

$$\Delta_{cp=sh} = 2 \times 0.0103 = 0.0207 < \frac{L}{480} = 16.67 \text{ mm}$$

Karena lendutan yang terjadi < lendutan ijin, maka tebal pelat = 120 mm bisa dipakai.

BAB IV

PERENCANAAN TANGGA

Tangga - tangga pada gedung ini terdiri dari dua type yang kedua - duanya dimodelkan sebagai sistem tangga yang tertumpu pada kedua ujungnya yaitu tertumpu roll pada balok bordes dan tertumpu sendi pada lantai bawah atau lantai atas. Dengan pemisahan antara tangga kiri dan tangga kanan dengan suatu siar sebesar ± 1 cm pada tengah bordes yang nantinya diisi dengan sealant.

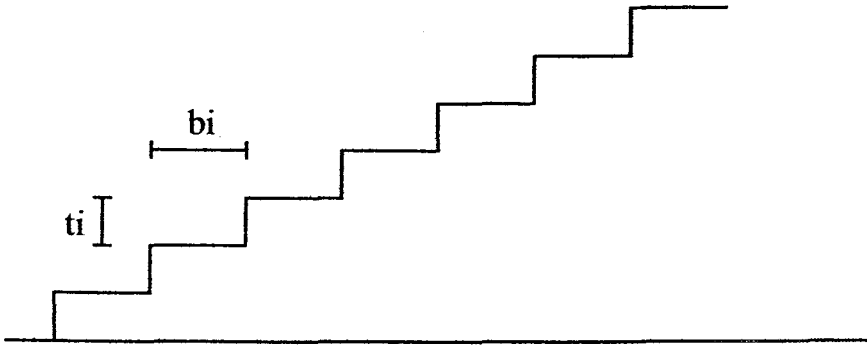
Hal ini sesuai dengan peraturan gempa mengenai pemisahan struktur sekunder terhadap struktur utamanya, sehingga struktur sekunder hanya bersifat membebani struktur utama tanpa mempengaruhi kekakuannya.

Gaya - gaya dalam dari tangga ini dianalisa dengan bantuan SAP ' 90 dengan memodelkan struktur tangga sebagai elemen frame yang tertumpu pada kedua ujungnya.

4.1. Data Perencanaan Tangga

- Data Perencanaan :

- mutu beton	= K300	$f_c' = 25$ MPa
- mutu baja	= U-32	$f_y = 320$ MPa
- tebal pelat tangga	= 15 cm	
- tebal pelat bordes	= 15 cm	
- tinggi injakan (t_i)	= 16 cm	
- lebar injakan (b_i)	= 30 cm	



Gambar.4.1 Dimensi anak tangga

Ketentuan perencanaan injakan tangga menurut Imam Subarkah adalah :

$$60 \text{ cm} \leq 2t_i + b_i \leq 62 \text{ cm}$$

maka :

$$60 \text{ cm} \leq 2(16) + 30 \leq 62 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 62 \leq 62 \text{ cm}$$

$$\text{Beda tinggi lantai ke bordes} = \frac{\text{tinggi tiap lantai}}{2}$$

$$= \frac{400}{2} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Beda injakan yang ada} = \frac{200}{16} = 12 \text{ injakan}$$

$$\text{Jarak horisontal} = 12 \times 30 = 360 \text{ cm}$$

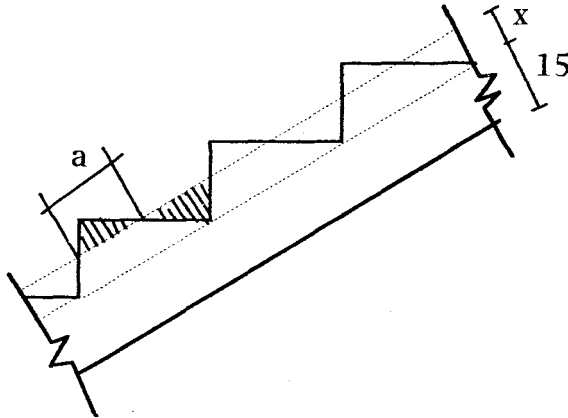
$$\text{Jarak vertikal} = (10 \times 16) + (2 \times 20) = 200 \text{ cm}$$

$$\text{Kemiringan tangga} = \arctan\left(\frac{200}{360}\right) = 32.28^\circ < 40^\circ$$

4.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisis Struktur

Beban - beban yang bekerja pada tangga meliputi berat sendiri tangga ditambah beban hidup merata di atasnya :

Perhitungan tebal rata - rata pelat tangga :



Gambar.4.2. Tebal rata - rata pelat

- tebal rata - rata pelat tangga :

$$a = \sqrt{\left(\frac{t_i}{2}\right)^2 + \left(\frac{b_i}{2}\right)^2}$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{16}{2}\right)^2 + \left(\frac{30}{2}\right)^2} = 17 \text{ cm}$$

- luas segitiga $= \frac{1}{2} \cdot a \cdot x$

$$\frac{1}{2} \cdot 17 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot \frac{30}{2} \cdot \frac{16}{2}$$

$$x = 7.05 \text{ cm}$$

maka, $t_{\text{rata - rata}} = 15 + 7.05 = 22.05 \text{ cm}$

- Perhitungan pembebanan :

1. Pelat tangga (t = 22.05 cm)

- Beban mati :

$$\text{- berat sendiri} = \left(\frac{0.22}{\cos 32.28^\circ} \right) \times 2400 = 604 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- tegel \& spesi} = 0.06 \times 2200 = 132 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$q_m = 786 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Beban hidup :} \quad q_h = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga :} \quad q_u &= 1.2 q_m + 1.6 q_h \\ &= 1.2 \times 786 + 1.6 \times 300 \\ &= 1432.2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Pelat bordes :

- Beban mati :

$$\text{- berat sendiri} \quad 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- tegel \& spesi} \quad 0.06 \times 2200 = 132 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$q_m = 542 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Beban hidup :} \quad q_h = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga :} \quad q_u &= 1.2 q_m + 1.6 q_h \\ &= 1.2 \times 542 + 1.6 \times 300 \\ &= 1130.4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Analisa struktur

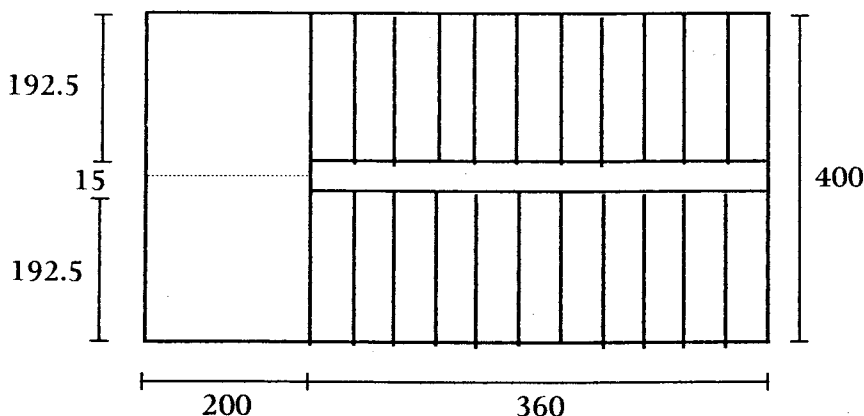
Analisa struktur tangga dilakukan dengan menggunakan program SAP '90, dengan memodelkan struktur sebagai shell. Pemodelan sebagai shell dilakukan dengan cara memberikan restraint $R=0,0,0,0,0,0$ untuk semua joint pelat kecuali pada tumpuan. Nilai restraint $R=0,0,0,0,0,0$ mempunyai arti bahwa pergerakan struktur baik defleksi maupun rotasi tidak terkekang untuk semua arah.

Berdasarkan pada persyaratan " Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Untuk Gedung '83 ", maka struktur tangga harus diberi tumpuan tetap pada salah satu taraf dan tumpuan bergerak pada taraf lainnya. Hal ini untuk mencegah terjadinya perubahan respons struktur gedung terhadap gempa. Untuk itu tangga direncanakan dengan tumpuan sendi pada tiap level lantai dan tumpuan roll pada tiap level lantai bordes

4.3. Perhitungan Gaya Dalam

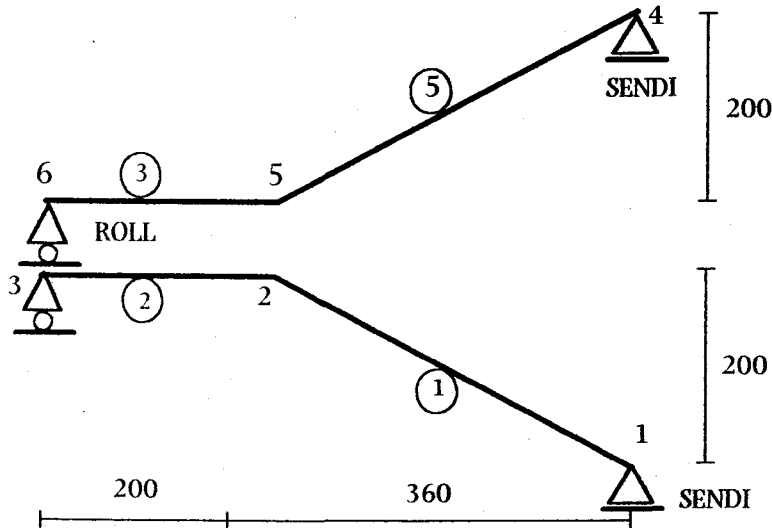
Perhitungan gaya - gaya dalam tangga menggunakan program paket SAP '90, dengan pelat tangga dimodelkan sebagai elemen yang tertumpu pada kedua ujungnya.

a. Tangga Type I



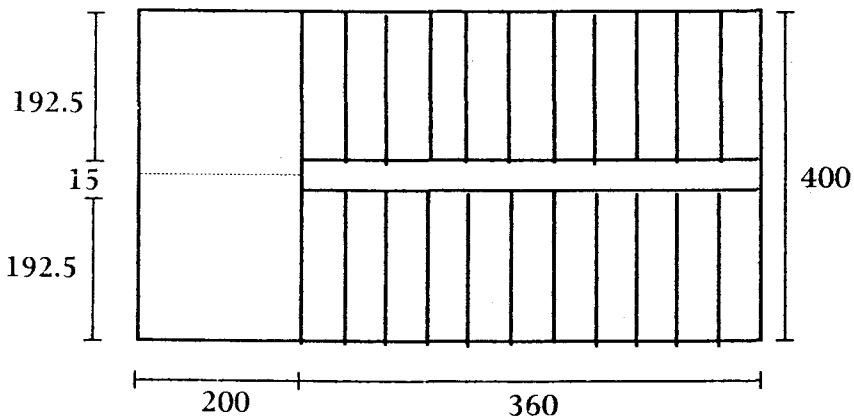
Gambar 4.3. Tangga Type I

- Lebar tangga = 192.5 cm
- Lebar anak tangga = 30 cm
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Panjang tangga = 360 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Lebar bordes = 200 cm
- Tinggi anak tangga = 16 cm
- Kemiringan tangga = 32.28°



Gambar 4.4. Perletakan tangga Type I

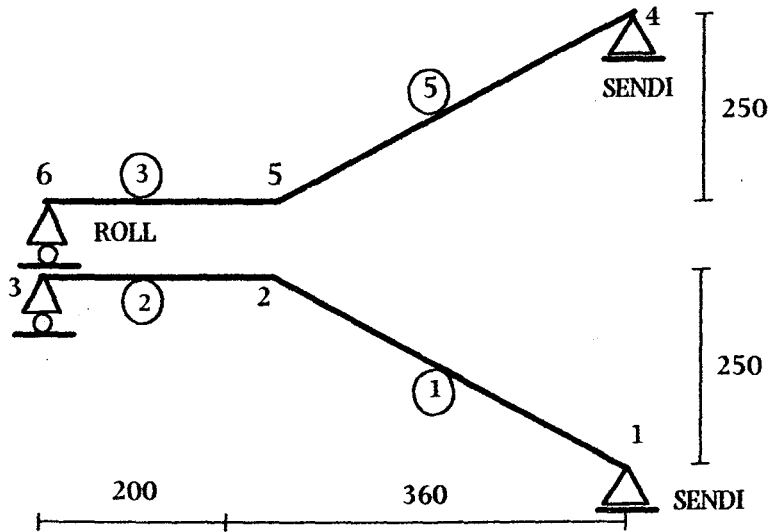
b. Tangga Type II



Gambar 4.5. Tangga Type II

- Lebar tangga = 192.5 cm
- Lebar anak tangga = 30 cm
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Panjang tangga = 360 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Lebar bordes = 200 cm

- Tinggi anak tangga = 16 cm

- Kemiringan tangga = 38.64° 

Gambar 4.6. Perletakan Tangga Type II

4.4 Perhitungan Penulangan Tangga

Secara umum pelat tangga direncanakan bertulangan rangkap, sebab meskipun tulangan tekan tidak memberikan sumbangan kekuatan yang terlalu besar di dalam lentur, namun peranannya cukup penting dalam mengatasi masalah lendutan jangka panjang.

Cara perhitungan tulangan pada tangga adalah sama seperti perhitungan tulangan pada pelat satu arah dengan menganggap lebar satu meter.

- Perhitungan Tangga Type I

- Data umum bahan :

- tebal pelat = 15 cm

- mutu baja : $f_y = 320 \text{ MPa}$

- decking = 2 cm

- $\rho_{\max} = 0.0272$

$$- \phi \text{ tulangan} = D.14$$

$$- \rho_{\min} = 0.004375$$

$$- \text{ mutu beton : } f'_c = 25 \text{ MPa}$$

- Penulangan lentur

a. Penulangan arah x

Pada pemodelan struktur tangga, joint 19, 20 dan 21 dimisalkan sebagai roll.

Penulangan lentur pada bordes ini dilakukan dengan mengambil besaran momen yang terbesar, yaitu pada joint 16, 17 dan 18 (lihat gambar 4.4)

- Dari hasil analisa SAP '90 didapat :

$$- M_u = 5244.5 \text{ Kg-m} = 52445000 \text{ N-mm}$$

$$- b = 1000 \text{ mm}$$

$$- d = 150 - 20 - 0.5 \times 14 = 123 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{52445000}{0.8 \times 1000 \times 123^2} = 4.33 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{320}{0.85 \times 25} = 15.06$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.06} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 15.06 \times 4.33}{320} \right)} \right) = 0.0153 > \rho_{\min}$$

$$A_s = \rho b d = 0.0153 \times 1000 \times 123$$

$$= 1880.933 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D.14 - 75 mm $A_s = 2053 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi maksimum (PB '89 Pasal 13.4.2)

$$s_{\max} = 2 t = 2 \times 15 = 30 \text{ mm}$$

$$s \text{ terpasang} = 10 \text{ cm} < s_{\max} = 30 \text{ cm} \dots \dots \text{Ok!}$$

- Penulangan arah y

Dipasang tulangan praktis D.10 - 200 mm ($A_s = 393 \text{ mm}^2$).

b. Penulangan pada anak tangga

$$- N_u = 566.47 \approx 567 \text{ kg (tarik)}$$

$$- M_u = 5925.6 \text{ kg-m} = 59256000 \text{ N-mm}$$

$$- d = 220 - 20 - \frac{1}{2} 14 = 193 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{59256000}{0.8 \times 1000 \times 193^2} = 1.989 \text{ MPa}$$

$$m = 15.06$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.06 \times 1.989}{320}} \right) = 0.00654 > \rho_{\min}$$

$$A_{s1} = 0.00654 \times 1000 \times 193 = 1261.727 \text{ mm}^2 = 12.617 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{N_u}{f_y} = \frac{567}{3200} = 1.772 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ total} = 12.617 + 1.772 = 13.617 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D.14 - 100 mm ($A_s = 1539 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi maksimum (PB '89 Pasal 13.4.2)

$$s_{\max} = 2 t = 2 \times 15 = 30 \text{ cm}$$

$$s \text{ terpasang} = 10 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Penulangan arah y

Dipakai tulangan praktis D.10 - 100 ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

- Perhitungan Tangga Type II

Dari hasil analisa SAP '90 untuk tangga type II didapatkan

- Untuk bordes, tulangan arah x

$$M_u = 5632.7 \text{ kg-m} = 56327000 \text{ N-mm}$$

Dengan cara yang sama didapatkan

$$A_s \text{ perlu} = 2067.022 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D.16 - 75 ($A_s = 2681 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan arah y dipakai tulangan praktis D.10 - 200 ($A_s = 393 \text{ mm}^2$)

- Untuk anak tangga, tulangan arah x

$$N_u = 764.12 \text{ kg (tarik)}$$

$$M_u = 6420.8 \text{ kg-m} = 64208000 \text{ N-mm}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dengan type I didapat:

$$A_s = 1383.384 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D.16 - 125 ($A_s = 1608 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan arah y dipaki tulangan praktis D.10 - 200 ($A_s = 393 \text{ mm}^2$).

BAB V

PERENCANAAN BALOK ANAK

Balok - balok anak disini adalah komponen - komponen pendukung pelat yang bukan merupakan bagian dari sistim penahan gempa. Balok - balok tersebut ditujukan untuk menjamin agar pelat - pelat yang berfungsi sebagai diafragma benar - benar kaku pada bidangnya, sesuai dengan asumsi di dalam perencanaan. Beban - beban dari pelat disalurkan kepada balok - balok pendukungnya sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban segitiga pada tepi yang pendek dan sebagai beban trapesium pada tepi pelat yang panjang, sesuai dengan pola keruntuhan leleh pada pelat.

5.1 DATA PERENCANAAN

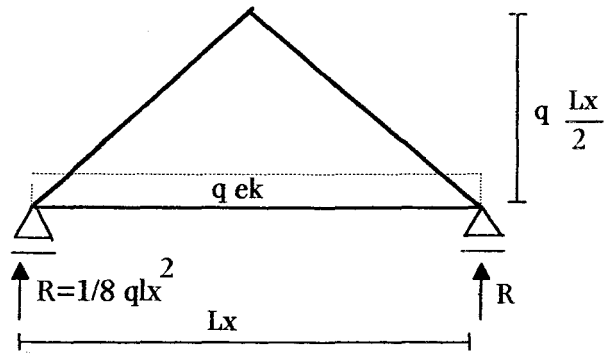
- Mutu beton : f_c' = 25 MPa
- Mutu baja : f_y = 320 MPa
- Dimensi balok :
 - untuk lantai = 30 x 60 cm
 - = 25 x 50 cm
 - untuk atap = 25 x 60 cm
 - = 20 x 50 cm

5.2 PEMBEBANAN PADA BALOK ANAK

5.2.1 Tipe Pembebanan Pada Balok Anak

Tipe pembebanan pada balok anak adalah sebagai berikut :

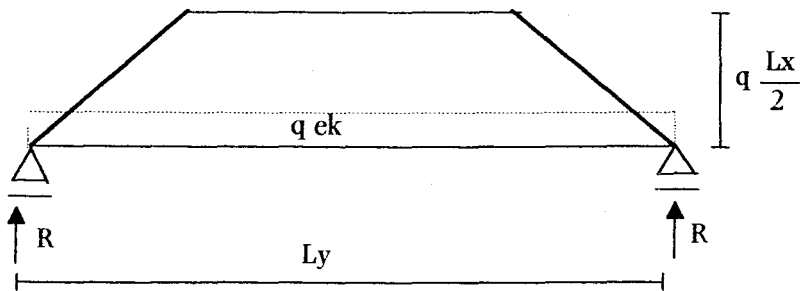
1. Beban ekuivalen segitiga :



Gambar 5.1 Beban ekuivalen segitiga

$$q = \frac{1}{3} q L_x$$

2. Beban ekuivalen trapesium



Gambar 5.2. Beban equivalen Trapesium

$$q_{ek} = \frac{1}{2} q L_x \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right]$$

5.2.2. Perhitungan Beban

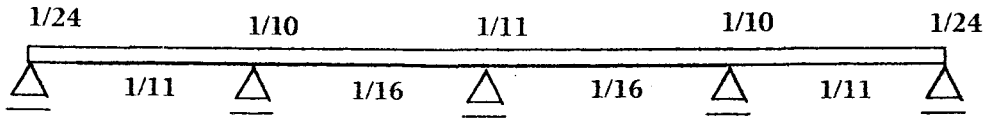
Beban - beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada cara Tributary Area, yaitu beban pelat dinyatakan dalam bentuk trapesium maupun segitiga. Beban - beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekivalen dengan menyamakan momen maksimumnya. Adapun beban - beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah :

- Beban mati pelat lantai	= 466 kg/m ²
- Beban mati pelat lantai music/disco	= 514 kg/m ²
- Beban mati pelat atap	= 396 kg/m ²
- Beban dinding setengah bata	= 250 kg/m ²
- Beban hidup atap	= 100 kg/m ²
- Beban hidup lantai perkantoran	= 250 kg/m ²
- Beban hidup lantai ruang mesin, arsip, gudang	= 400 kg/m ²
- Beban hidup lantai disco/music	= 500 kg/m ²

5.3 LAJUR MENERUS BALOK ANAK

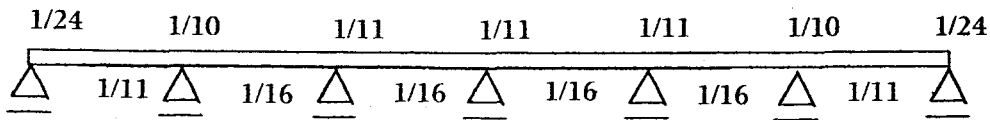
Dalam hal ini lajur menerus balok anak dianalisa sesuai dengan ketentuan yang ada di dalam SKSNI-91, yaitu berlaku ketentuan untuk lajur menerus untuk 4 dan 6 bentang. Besarnya momen - momen pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada ikhtisar berikut :

1. Lajur menerus untuk 4 bentang :



Gambar.5.3. Harga momen untuk Lajur menerus 4 bentang

2. Lajur menerus untuk 6 bentang



Gambar.5.4. Harga momen untuk Lajur menerus 6 bentang

5.4. PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK ANAK

Perhitungan penulangan balok anak dalam hal ini meliputi penulangan lentur, penulangan geser, serta penulangan torsi. Penulangan torsi dalam hal ini adalah diasumsikan minimum. Sebagai langkah akhir perencanaan dilakukan pengontrolan terhadap balok anak, yaitu pengontrolan terhadap retak dan lenturan.

5.4.1. Penulangan Lentur Balok Anak

- Asumsi Perencanaan

Penulangan lentur untuk momen negatif pada daerah tumpuan dihitung dengan menganggap penampang balok adalah penampang persegi, sedangkan perhitungan lentur pada daerah lapangan, balok dicor monolit dengan pelat.

sehingga memakai prosedur disain konstruksi balok T dengan penentuan lebar flens menurut pasal 3.1.10. SKSNI-91.

Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi yang diberikan dalam pasal 3.3.2. SKSNI-91 yaitu :

1. Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding linier secara langsung dengan jarak dari sumbu netral (SKSNI-91 pasal 3.3.2. butir 2)
2. Regangan berguna maksimum pada serat terluar beton yang tertekan harus diasumsikan sama dengan 0.003 (SKSNI-91 pasal 3.3.2. butir 3).
3. Tegangan yang terjadi pada tulangan di bawah kuat leleh yang disyaratkan (f_y) untuk mutu tulangan yang digunakan, harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan baja ($f_s = E_s \times \epsilon_s$). Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan f_y , tegangan pada tulangan harus dianggap tidak tergantung pada regangan dan diambil sama dengan f_y (SKSNI-91 psl 3.3.2. butir 4).
 - bila $\epsilon_s \leq \epsilon_y$, maka :

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (E_s = 2000000 \text{ MPa})$$
 - bila $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, maka :

$$f_s = f_y$$
4. Dalam perhitungan lentur selain pada beton pratekan, maka kuat tarik beton harus diabaikan (SKSNI -91 psl 3.3.2. butir 5).
5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola, atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang

cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian yang lebih menyeluruh (SKSNI - 91 psl 3.3.2. butir 6).

6. Persyaratan pada butir 6 boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut (SKSNI - 91 psl 3.3.2. butir 7) :

- Tegangan beton sebesar $0.85 f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen beton yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat dengan tegangan maksimum.
- Jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
- Faktor β_1 harus diambil sebesar 0.85 untuk kuat tekan beton f_c' hingga atau sama dengan 30 MPa, sedangkan untuk kekuatan diatas 30 MPa, β_1 harus direduksi secaramenerus sebesar 0.008 untuk setiap kelebihan 1 MPa diatas 30 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0.65.

Untuk $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$ $\longrightarrow \beta_1 = 0.85$

Untuk $f_c' > 30 \text{ MPa}$ $\longrightarrow \beta_1 = 0.85 - 0.008 (f_c' - 30) \geq 0.65$

- Kondisi Regangan Berimbang dan Batas Rasio Penulangan

Definisi regangan berimbang pada suatu penampang adalah suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang disyaratkan (f_y) pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0.003.

Jika rasio tulangan beton terpasang lebih besar dari keadaan berimbang tersebut di atas, maka letak garis netral beton akan turun sehingga regangan beton di daerah tekan akan lebih besar dari regangan batas beton yang

disyaratkan ($\epsilon_{cu} = 0.003$) pada keadaan tulangan tarik mencapai lelehnya. Jadi beton di daerah tekan akan hancur dulu sebelum tulangan tarik meleleh. Pola keruntuhan semacam ini sedapat mungkin harus dihindari karena pola keruntuhannya bersifat mendadak.

Sebaliknya diusahakan bahwa pola keruntuhan beton harus secara daktail yaitu beton harus menunjukkan deformasi yang cukup besar sebelum tercapai kekuatan runtuhnya sehingga secara dini akan tampak bahwa komponen struktur tersebut sudah membahayakan.

Untuk menjamin bahwa pola keruntuhan secara daktail dapat tercapai, maka diadakanlah batasan maksimum rasio tulangan sebesar 0.75 dari $\rho_{balance}$.

Berikut ini diberikan harga rasio penulangan pada keadaan berimbang (ρ_b), harga rasio penulangan maksimum (ρ_{maks}), dan rasio tulangan minimum (ρ_{min}) dari balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal.

$$\rho_b = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \rho_b$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

Batasan penulangan minimum di atas diberikan untuk pertimbangan ekonomis beton. Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang disyaratkan, maka pada saat tercapainya kekuatan nominal dari suatu komponen struktur beton, otomatis tegangan tekan yang terjadi pada beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan hancur beton sehingga kekuatan beton seolah - olah tidak dimanfaatkan untuk menunjang kekuatan komponen struktur tersebut.

- Balok Dengan Penampang Persegi Empat

Penampang persegi direncanakan hanya menggunakan tulangan tarik saja, penambahan tulangan tekan baru diperhitungkan bila rasio tulangan tarik yang diperlukan melebihi rasio tulangan maksimum yang disyaratkan atau dengan kata lain tulangan tekan dibutuhkan bila momen yang terjadi melebihi kapasitas momen yang dapat ditahan oleh tulangan tarik saja.

- Konstruksi Balok T

Bentuk balok T diperoleh dari pengecoran monolit antara balok dan pelat pada sisi atasnya, sehingga pada daerah momen positif balok, luas penampang pelat akan menambah luas daerah tekan pada balok sedangkan pada daerah momen negatif, balok tetap dianggap sebagai penampang persegi. Penentuan luas penampang pelat yang menambah luas tekan pada balok ini tergantung pada lebar efektif flens yang dianggap menyumbangkan kekuatan tekan balok. Adapun penentuan lebar efektif flens ini adalah :

1. Untuk balok interior (pelat pada kedua sisi), dipilih nilai terkecil dari :

a. $b_E \leq \frac{1}{4} L$

b. $b_E \leq b_W + 16 t$

c. $b_E \leq b_W + L_n$

2. untuk balok exterior (pelat pada satu sisi), pilih nilai terkecil dari :

a. $b_E \leq b_W + \frac{L}{12}$

b. $b_E \leq b_W + 6 t$

c. $b_E \leq b_W + \frac{L_n}{2}$

Perencanaan untuk balok T adalah seperti perencanaan balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal hal ini mengingat bahwa luas daerah tekan beton pada balok T mendapat tambahan dari pelat di atasnya sehingga pemakaian tulangan tekan dapat diabaikan.

Untuk perhitungan kekuatan nominal dari balok T, maka harus diperiksa dulu apakah balok T tersebut asli atau palsu, dengan cara sebagai berikut :

- a. Bila tinggi a dari blok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari t , maka balok T dihitung sama dengan balok empat persegi panjang (balok T palsu) dengan lebar b_x .
- b. Bila tinggi a lebih besar dari t , maka dihitung secara balok T murni dengan :

$$M_n = C_1 \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_2 \left(d - \frac{t}{2} \right)$$

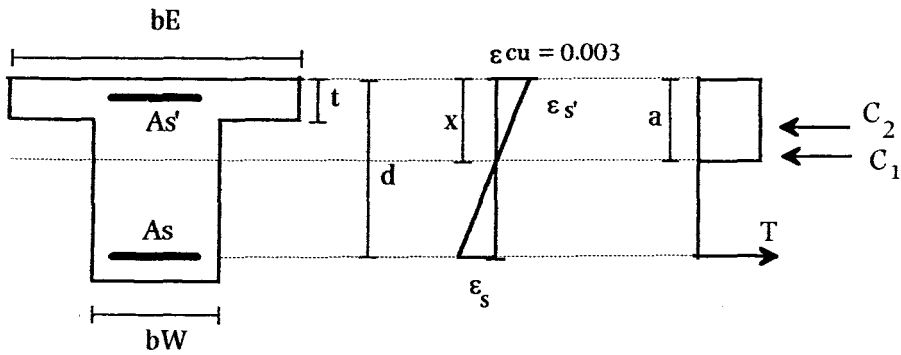
dimana :

$$C_1 = 0.85 f'_c b_W a$$

$$C_2 = 0.85 f'_c (b_E + b_W) t$$

$$a = \frac{T - C_2}{0.85 f'_c b_W}$$

$$T = A_s f_y$$



Gambar 5.5. Balok T murni

- Contoh Perhitungan

- Balok anak lantai

- Dimensi balok anak :

- tinggi (h) = 60 cm
- lebar (b) = 30 cm
- Panjang bentang = 800 cm
- selimut beton = 4 cm
- Sengkang = ϕ 10
- Tulangan utama = ϕ 22
- ρ_{balance} = 0.036122
- ρ_{max} = 0.027609
- ρ_{min} = 0.004375

- Perhitungan Momen dan Gaya Lintang

Perhitungan yang dilakukan adalah pada tumpuan luar, tumpuan dalam dan lapangan :

- Balok Anak BA-1

$$q_{ek} = 4949.07 \text{ Kg/m} = 49490.7 \text{ N-m}$$

$$\begin{aligned} M_{negatif} &= -\frac{1}{24} q_{ult} L_n^2 \\ &= -\frac{1}{24} \times 49490.7 \times 8^2 \\ &= -131975.2 \text{ N-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{negatif} &= -\frac{1}{10} q_{ult} L_n^2 \\ &= -\frac{1}{10} \times 49490.7 \times 8^2 \\ &= -316740.48 \text{ N-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{positif} &= \frac{1}{11} q_{ult} L_n^2 \\ &= \frac{1}{11} \times 49490.7 \times 8^2 \\ &= 287945.891 \text{ N-m} \end{aligned}$$

- Perhitungan Penulangan Utama Balok anak

a. Pada Tumpuan

- Untuk tumpuan luar

$$M_u = -131975.2 \text{ N-m}$$

$$\begin{aligned} d &= 600 - 40 - 10 - 0.5 \times 22 \\ &= 539 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{131975.2}{0.8 \times 300 \times 539^2} \\ &= 1.9338 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c'}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 25}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.893}{0.85 \times 25}} \right]$$

$$= 0.00621$$

$$= 0.00621 > \rho_{\min} = 0.004375 \rightarrow \text{Pakai } \rho = 0.00621$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d = 0.00621 \times 300 \times 539 \\ &= 1004.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan 3-D.22 (A_s ada = 1140 mm^2)

- Untuk tumpuan dalam :

$$M_u = -316740.48 \text{ N} \cdot \text{m}$$

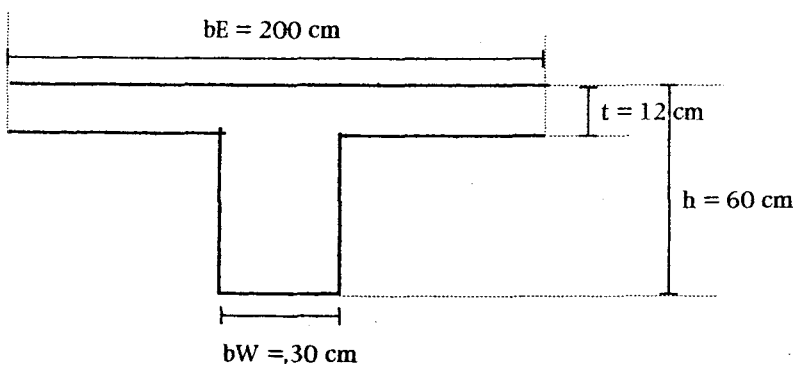
Dengan cara yang sama diperoleh :

$$A_s = 2620.2 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 7-D.22 (A_s ada = 2661 mm^2)

b. Pada Lapangan

$$M_u = 287945.891 \text{ N} \cdot \text{m}$$



$$M_u = 287945.891 \text{ N} \cdot \text{m} = 287945891 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{287945891}{0.80 \times 300 \times 539^2}$$

$$= 4.1297$$

$$\rho = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c'}} \right]$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 25}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4.130}{0.85 \times 25}} \right]$$

$$\rho = 0.0145 < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho b d = 0.0145 \times 300 \times 539 = 2347.5 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 7 D.22 ($A_s = 2661 \text{ mm}^2$)

Check harga a :

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b E}$$

$$a = \frac{2661 \times 320}{0.85 \times 25 \times 2000} = 20.036 \text{ mm} < t (120 \text{ mm})$$

Jadi balok sebagai balok T palsu, sehingga perhitungan di atas sudah benar.

5.4.2 Penulangan Geser dan Torsi

Desain pada suatu penampang beton yang menerima geser harus didasarkan pada :

$$V_u \leq \phi V_n$$

dimana :

- V_u merupakan gaya geser berfaktor akibat beban luar yang ditinjau pada penampang , dan

- V_n merupakan kuat geser nominal suatu komponen struktur yang didapat dari sumbangan kekuatan beton (V_c) dan kekuatan tulangan geser (V_s)

$$V_n = V_c + V_s$$

- Besarnya V_c bervariasi tergantung dari dimensi balok dan mutu beton yang digunakan, sedangkan besarnya V_s tergantung dari diameter tulangan geser, mutu baja, dan jarak pemasangannya.

- Sumbangan Kekuatan Geser Beton (V_c)

- Untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, berlaku rumus :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d \quad (\text{SKSNI psl 3.4.3 - 1.1})$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial :

$$V_c = \left[1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d \quad (\text{SKSNI psl 3.4.3.3 - 1.2})$$

besaran N_u / A_g dalam MPa

- Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar :

$$V_c = 0 \text{ (nol)}$$

- Kriteria Design Geser dan Lentur saja

Kategori kekuatan geser dan lentur saja menurut SKSNI ' 91 adalah sebagai berikut :

1. Jika $V_u < 1/2 \phi V_c$ maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis. (SKSNI '91 psl 3.4.5.5(1))

2. Jika $1/2 \phi V_c < V_u < \phi V_c$, maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja .

$$A_v = \frac{bw s}{3 f_y} \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.4.5.5(3)})$$

3. Jika $V_u > \phi V_c$, maka dipasang tulangan geser dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) s}{\phi f_y d} \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.4.5.6(2)})$$

- Tulangan Torsi Minimum

Pada perencanaan balok anak ini, torsi dianggap relatif kecil sehingga tulangan torsi hanya dipasang dengan :

- Tulangan Melintang

$$A_v + 2 A_t = \frac{bw s}{3 f_y} \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.4.5.5(5)})$$

A_v harus dianggap sama dengan 0 (nol) karena tulangan tulangan geser dihitung secara tersendiri, sehingga rumus di atas menjadi:

$$2 A_t = \frac{bw s}{3 f_y}$$

dimana A_t merupakan luas satu kaki sengkang tertutup dalam daerah sejarak s yang menahan torsi.

Tulangan melintang ini dapat diabaikan bila perhitungan luas tulangan geser lebih besar atau sama dengan luas tulangan geser minimum.

- Tulangan memanjang (Longitudinal)

$$A_l = 2 \frac{A_t}{s} (x_1 + y_1) \quad (\text{SKSNI '91 pers 3.4-24})$$

Dengan mensubstitusikan $2 A_t = \frac{bw s}{3 f_y}$ ke dalam persamaan di atas, maka didapat :

$$A_l = \frac{bw}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

dimana :

- x_1 = jarak pusat ke pusat terpendek dari suatu sengkang tertutup
- y_1 = jarak pusat ke pusat terpanjang dari suatu sengkang tertutup

Tulangan longitudinal ini dikombinasikan dengan tulangan memanjang lainnya.

- Contoh perhitungan :

Sebagai contoh perhitungan penulangan geser dan torsi diambil balok anak BA-1 pada daerah tumpuan sebagai kelanjutan perhitungan penulangan lentur sebelumnya :

- Penulangan geser

- Gaya geser berfaktor pada tumpuan.

$$V_{ut} = \frac{1}{2} q_u L$$

$$V_{ut} = \frac{1}{2} \times 4949.07 \times 8 = 19796.3 \text{ kg}$$

- Tulangan geser = ϕ 10

$$- A_{v_{ada}} = \frac{2 \pi}{4 \cdot 10^2} = 157.1 \text{ mm}^2$$

- Sumbangan kekuatan geser beton

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d \\ &= 0.6 \times \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 300 \times 539 \end{aligned}$$

$$= 80850 \text{ N} = 8085 \text{ kg}$$

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ Butuh tulangan geser !

- Gaya geser yang harus diterima oleh tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 19796.3 - 8085$$

$$= 11711 \text{ kg}$$

- Jarak tulangan geser yang dibutuhkan

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{\phi V_s} = \frac{0.6 \times 157.1 \times 320 \times 539}{11711}$$

$$= 138.823 \text{ mm}$$

$$\text{spasi mak} = \frac{d}{2} = \frac{539}{2} = 269.5 \text{ mm}$$

Pasang tulangan geser $\phi 10 - 130 \text{ mm}$

- Penulangan torsi minimum

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w s}{3 f_y} = \frac{300 \times 130}{3 \times 320} = 40.625 \text{ mm}^2$$

$A_v \text{ ada} = 157.1 \text{ mm}^2 > 40.625 \rightarrow$ Tulangan melintang, torsi dapat diabaikan

- Tulangan memanjang (longitudinal)

$$x_1 = 300 - 2 \times 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2 \times 40 - 10 = 510 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{b_w}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{300}{3 \times 320} (210 + 510) \\ &= 225 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal ini disebarkan pada ketiga bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah, dan tulangan bawah dan ditambahkan pada tulangan akibat lentur.

$$\begin{aligned} \text{Masing - masing } \frac{1}{3} A_l &= \frac{225}{3} \\ &= 75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Design akhir balok anak

- Tulangan atas

- Tulangan tumpuan luar

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \text{As lentur} + A_l \\ &= 1004.1 + 75 \\ &= 1079.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 3 D.22 ($A_s = 1140 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tumpuan dalam

$$\begin{aligned} \text{As total} &= 2620.2 + 75 \\ &= 2695.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 7 D.22 ($A_s = 2661 \text{ mm}^2$)

- Tulangan tengah

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= A_l \times 2 \\ &= 75 \times 2 \\ &= 150 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang Tulangan praktis 2 D.10 ($A_s = 226 \text{ mm}^2$)

- Tulangan bawah

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= A_l \text{ lentur} + A_l \\ &= 2347.5 + 75 \\ &= 2422.5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang 7 D.22 ($A_s = 2661 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan geser dan torsi balok anak lainnya dapat dilihat pada tabel.

5.4.3. KONTROL LENDUTAN

Tabel 3.2.5(a) SKSNI '91 menyajikan batasan -batasan tebal balok minimum dengan berbagai kondisi perletakan, dimana bila tebal balok lebih besar dari pada tebal minimum seperti yang disyaratkan tersebut, maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah menurut SKSNI '91 Tabel 3.2.5(a) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}h_{\min} &= \frac{L_u}{16} \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \text{ untuk } f_y \text{ selain } 400 \text{ MPa.} \\ &= \frac{L_u}{16} \times 0.857\end{aligned}$$

Dari preliminary design untuk balok anak, tinggi balok (h) diambil sekitar $\frac{1}{10}$ sampai $\frac{1}{14}$ L_u , sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung karena tinggi balok yang ada lebih besar dari tinggi minimum balok sebagai syarat kontrol lendutan.

5.4.4. KONTROL RETAK

Bila tegangan leleh rancang f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh :

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (\text{SKSNI psl 3.3.6(4)})$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana f_s boleh diambil sebesar 60 % dari kuat leleh yang disyaratkan ($f_s = 0.6 f_y$).

- Balok dalam ruangan :

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \leq 30 \text{ MPa}$$

dimana :

$$f_s = 0.6 f_y = 0.6 \times 320 = 192 \text{ MPa}$$

$$d_c = 40 + 10 + (0.5 \times 22) = 61 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2 d_c b_w}{\Sigma \text{ tulangan}}$$

$$A = \frac{2 \times 61 \times 300}{7} = 5228.571 \text{ mm}^2$$

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

$$z = 192 \sqrt[3]{61 \times 5228.571}$$

$$= 13118.814 \text{ N/mm}$$

$$= 13.118 \text{ Mn/m} < 30 \text{ MN/m} \rightarrow \text{OK !}$$

Jadi retak pada beton tidak perlu diperiksa terhadap lebar retak.

5.5 PANJANG PENYALURAN

Penulangan memanjang dan penulangan geser sepanjang balok tidak akan berfungsi jika tidak terjadi kerjasama antara baja tulangan dan beton. Tulangan dapat dianggap berperan dalam suatu struktur beton bertulang jika terjadi aksi lekatan antara baja tulangan dan beton di sekelilingnya.

Lekatan antara baja tulangan dan beton ini harus cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik atau kapasitas tekan dari baja tulangan hingga mencapai tegangan lelehnya tanpa terjadi slip.

Apabila terjadi slip di bawah beban kerja, maka keruntuhan struktur dapat terjadi.

Untuk menjamin bahwa tidak akan terjadi slip antara beton dan baja tulangan, maka dibutuhkan suatu panjang penanaman tertentu yang dikenal dengan nama panjang penyaluran.

Syarat - syarat tentang panjang penyaluran dan penyambungan tulangan diatur dalam SKSNI '91 pasal 3.5.

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan deform D.22 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0.02 \frac{A_b f_y}{\sqrt{f_c'}} \\ &= \frac{0.02 \times 380 \times 320}{\sqrt{25}} \\ &= 486.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0.06 d_b f_y$$

$$= 0.06 \times 22 \times 320$$

$$= 422.4 \text{ mm}$$

Akibat top bar effect (tulangan atas) :

$$Ldb = 1.4 Ldb$$

$$= 1.4 \times 486.4 = 680.96 \text{ mm}$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Panjang penyaluran dasar untuk tulangan D.22 adalah :

$$Ldb = \frac{db f_y}{4 \sqrt{f_c'}} \quad (\text{SKSNI psl 3.5.3.2})$$

$$= \frac{22 \times 320}{4 \times \sqrt{25}} = 352 \text{ mm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$Ldb = 0.04 db f_y$$

$$= 0.04 \times 22 \times 320 = 281.6 \text{ mm}$$

c. Panjang Penyaluran Kait Standar Dalam Tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D.22 adalah :

$$Lhb = \frac{100 db}{\sqrt{f_c'}} \quad (\text{SKSNI psl 3.5.5.2})$$

$$= \frac{100 \times 22}{\sqrt{25}} = 440 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran hook :

$$Ldh = Lhb \left(\frac{f_y}{400} \right) (0.7)$$

$$= 440 \times \left(\frac{320}{400} \right) \times 0.7 = 246.4 \text{ mm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$L_{dh} = 8 \text{ db}$$

$$= 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

d. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Positif

Paling sedikit sepertiga dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diteruskan ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang :

$$- 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$

$$- d = 539 \text{ mm (menentukan)}$$

$$- 12 d = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$$

e. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Negatif

Sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara : (SKSNI pasal 3.5.12)

$$- d = 539 \text{ mm (menentukan)}$$

$$- 12 d = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$$

$$- \frac{L_n}{16} = \frac{800}{16} = 500 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan balok anak yang lainnya, akan ditampilkan dalam bentuk tabel dengan menggunakan software Microsoft Excel version 5.0.

B A B VI

ANALISA STRUKTUR UTAMA

Struktur utama dari gedung ini dianalisa sebagai bentuk open frame yang meliputi, shear wall, balok - balok induk dan kolom - kolom sebagai elemen utama dari bangunan penghubung (tengah), serta balok-balok induk kolom-kolom dan konsol pendek sebagai elemen utama dari gedung yang direncanakan akan menerima beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa. Balok anak beserta beban pelat yang dipikulnya dianggap hanya membebani balok induk berupa beban terpusat dan terbagi rata.

Gaya - gaya dalam dari struktur utama gedung ini diperoleh dengan menganalisa secara statis dan dinamis, dengan bantuan program SAP '90 versi 5.02.

Segala sesuatu yang berhubungan dengan program SAP '90 akan diuraikan lebih lanjut di bawah ini. Referensi yang digunakan adalah "SAP '90. *A Series of Computer Programs for Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures*, USERA MANUAL " by Edward L. Wilson and Ashraf Habibullah, July 1989.

6.1. DATA SATUAN DAN DATA MATERIAL

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utama ini adalah :

- dimensi gaya : T (Ton)
- dimensi panjang : M (meter)
- dimensi waktu : detik

Material yang dipakai dalam analisa struktur utama gedung ini adalah :

- Jenis bahan : Beton bertulang
- Berat volume : 2400 Kg/m^3
- Mutu beton kolom : K-300 ($f_c' = 24.6 \text{ MPa}$)
- Mutu beton balok : K-300 ($f_c' = 24.61 \text{ MPa}$)
- Mutu tulangan kolom : U-39 ($f_y = 3900 \text{ Kg/cm}^2$)
- Mutu tulangan balok : U-32 ($f_y = 3200 \text{ Kg/cm}^2$)

6.2. PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA

Beban - beban yang dipikul struktur utama meliputi :

- Beban mati (D), yang terdiri dari beban mati pelat, balok anak, tangga dan berat tembok.
- Beban hidup (L), yang terdiri dari beban hidup pelat dan tangga.
- Beban gempa (E), dianalisa dengan SAP '90

Kombinasi pembebanan yang dipergunakan. didasarkan pada SKSNI '91 pasal 3.2.2. yaitu :

1. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.2-1})$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (E) harus diperhitungkan dalam perancangan, maka nilai U diambil sebesar :

$$U = 1.05 (D + I_R + E) \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.2-4a})$$

dimana :

- I_R adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan persyaratan PPIUG ' 83 tabel 3.3 yang menyebutkan bahwa untuk

peninjauan gempa maka beban hidup untuk hotel boleh direduksi dengan koefisien reduksi 0.3 untuk hotel.

- Beban gempa (E) di atas harus dikalikan dengan faktor jenis struktur (K) yang sesuai. Untuk tingkat daktilitas tiga, nilai $K = 1$.

6.3. PEMODELAN STRUKTUR

Struktur utama dari gedung ini dimodelkan sebagai portal terbuka (open frame) dengan perletakan jepit pada dasr kolom.

Struktur utama dianalisa secara tiga dimensi dengan analisa statis dan dinamis yang dilakukan serentak dengan kombinasi pembebanan yang disyaratkan dalam SKSNI ' 91.

Untuk menyalurkan gaya lateral ke kolom - kolom, maka lantai dianggap sebagai diafragma yang kaku (rigid floor diafragma). Jadi seluruh joint (pertemuan elemen - elemen frame) dalam satu bidang lantai dianggap tidak dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya.

Displacement dari joint - joint tersebut (dependent joints) bergantung pada displacement dari Master Joint, yaitu suatu joint yang menggambarkan atau mewakili tingkah laku suatu diafragma dimana letak Master Joint ini ditentukan berdasarkan perhitungan pusat massa dari tiap - tiap lantai.

6.4 INPUT DATA SAP '90

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai input data struktur utama yang dibuat berdasarkan buku petunjuk (manual) dan program hasil perencanaan dari gedung ini dengan bantuan SAP '90 yang berhubungan dengan analisa struktur ini.

a. TITLE LINE

Berisi satu baris kalimat maksimal 80 karakter sebagai identifikasi dari input data SAP '90

b. SYSTEM Data Block

Block data ini menjelaskan tentang kontrol informasi yang berhubungan dengan struktur yang akan dianalisa.

L : menyatakan jumlah Load Condition

V : menyatakan jumlah Eigen Value, yaitu jumlah dari mode shape yang akan dihitung pada analisa eigenvalue dan kemudian dimasukkan ke analisa ragam spektrum.

T : menyatakan toleransi konvergen dari eigen analysis default $T = 0.0001$.

PPTGIUG ' 83 Bab 2.5.2.1 menyatakan bahwa untuk analisa ragam spektrum respon dari struktur - struktur gedung dengan bentuk yang tidak beraturan jumlah ragam yang ditinjau tidak kurang dari 5, tetapi sebagai pedoman, jumlah ragam spektrum respons yang ditinjau tidak perlu lebih dari tingkatnya.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka nilai eigen value (V) pada analisa ini diambil sebesar 6. Jadi kita akan mendapatkan 6 buah mode shape yang berbeda.

c. JOINTS Data Block :

Memuat informasi tentang letak koordinat titik - titik pada struktur dalam sumbu global X, Y, Z. Pendefinisian joints ini bertujuan untuk membuat geometri dari struktur yang akan dianalisa.

d. RESTRAINS Data Block :

Memuat informasi mengenai derajat kebebasan (DOF) tiap -tiap joints apakah dilepas 0 (nol) atau dikekang 1 (satu).

- Perletakkan jepit $R = 1,1,1,1,1,1$

- Dependent Joints $R = 1,1,0,0,0,1$

- Master Joints $R = 0,0,1,1,1,0$

e. MASSES Data Block :

Memuat informasi mengenai massa dan momen inersia massa (MMI) dari tiap - tiap lantai yang dinyatakan dalam bentuk

$$M = m_x, m_y, m_z, m_{rx}, m_{ry}, m_{rz}$$

Momen inersia massa tiap lantai dapat dihitung dengan rumus :

$$MMI = \frac{M}{12} (b^2 + d^2) + M D^2$$

dimana :

M = Massa total dari segment yang ditinjau

b = lebar dari tiap segment yang ditinjau

d = panjang dari tiap segment yang ditinjau

D = jarak dari titik pusat segment yang ditinjau terhadap titik pusat total segment

Langkah - langkah perhitungan untuk mendapatkan massa, pusat massa, dan massa moment inersia dari tiap - tiap lantai adalah sebagai berikut :

- Hitung massa total dari tiap lantai yang meliputi massa pelat, balok, kolom, beban tembok, beban hidup, dan beban - beban lain yang berhubungan (satuan W/g).
- Hitung letak titik pusat massa, dengan cara mengambil suatu titik referensi, kemudian baru dihitung statis moment terhadap titik referensi tersebut.
- Bagi statis moment tersebut dengan massa total dari lantai tersebut, sekarang kita telah mendapatkan letak pusat massa dari lantai tersebut.
- Hitung moment inersia massa dari setiap element - element lantai tersebut terhadap titik pusat massa dengan rumus :

$$MMI = \frac{M}{12} (b^2 + d^2) + M D^2 \quad \left(\text{Satuan } \frac{WL^2}{g} \right)$$

f. FRAME Data Block :

Memuat informasi mengenai data - data dari elemen - elemen batang (frame) tiga dimensi pada struktur yang dianalisa meliputi lokasi, property, dan beban yang bekerja pada setiap elemen.

NM : Number of Material, menyatakan jumlah material yang digunakan dalam analisa struktur

NL : Number of Load identification, menyatakan jumlah macam beban yang ada pada struktur.

Penulisan macam pembebanan dibedakan antara beban mati dan beban hidup yang nantinya akan dikombinasikan dalam blok data COMBO.

g. LOADS Data Block :

Memuat informasi mengenai beban - beban pada joints yang berasal dari beban terpusat balok anak dan akibat beban tetap.

h. SPEC Data Block :

Memuat informasi mengenai data - data yang berhubungan dengan analisa dinamis yang menggunakan analisa respons spectrum.

A = Sudut eksitasi (satuan derajat)

= 0 yaitu searah sumbu global x sebagai sumbu lemah.

S = Faktor skala response spectrum.

= 9.81 m/s^2 (default)

D = Damping Ratio

= 5 % = 0.05 (untuk gedung beton bertulang)

Untuk data response spectrum pada zone 4 tanah lunak, diambil dari PPGIUG ' 83 gambar 3.3.

i. COMBO Data Block :

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur utama, yang didasarkan pada SKSNI '91 pasal 3.2.2. :

1. 1.2 DL + 1.6 LL

(akibat beban mati dan beban hidup)

2. 1.05 (DL + LL + E)

(akibat beban mati + beban hidup + gempa kiri)

3. 1.05 (DL + LL - E)

(akibat beban mati + beban hidup + gempa kanan)

4. $D=1.05$

(akibat beban gempa saja)

Input data struktur utama, dan hasil plot dari gedung ini dapat dilihat pada akhir bab ini.

Sehubungan hasil dari output dari struktur utama yang terlalu banyak sehingga tidak dilampirkan, tetapi hasil outputnya langsung dimasukkan dalam tabel perhitungan balok induk dan kolom.

ANALISA STRUKTUR RADISSON PLAZA SUITE HOTEL [TON-M]

SYSTEM

L=2 V=6 T=0.0001

JOINTS

C -----JOINTS LANTAI DASAR-----

1	X=0	Y=0	Z=0	
4	X=24	Y=0		
9	X=0	Y=16		
12	X=24	Y=16		Q=1,4,9,12,1,4
13	X=24	Y=19		
14	X=0	Y=23		
17	X=24	Y=23		
26	X=0	Y=47		
29	X=24	Y=47		Q=14,17,26,29,1,4
30	X=24	Y=43		
31	X=28	Y=8		
32	X=36	Y=8		
33	X=28	Y=47		
34	X=36	Y=47		
35	X=40	Y=0		
38	X=64	Y=0		
43	X=40	Y=16		
46	X=64	Y=16		Q=35,38,43,46,1,4
47	X=40	Y=19		
48	X=40	Y=23		
51	X=64	Y=23		
60	X=40	Y=47		
63	X=64	Y=47		Q=48,51,60,63,1,4
64	X=40	Y=43		

C -----JOINTS LANTAI SATU-----

101	X=0	Y=0	Z=5	
104	X=24	Y=0		
109	X=0	Y=16		
112	X=24	Y=16		Q=101,104,109,112,1,4
113	X=24	Y=19		
114	X=0	Y=23		
117	X=24	Y=23		
126	X=0	Y=47		
129	X=24	Y=47		Q=114,117,126,129,1,4
130	X=24	Y=43		
131	X=28	Y=8		
132	X=36	Y=8		
133	X=28	Y=47		
134	X=36	Y=47		
135	X=40	Y=0		
138	X=64	Y=0		
143	X=40	Y=16		
146	X=64	Y=16		Q=135,138,143,146,1,4
147	X=40	Y=19		
148	X=40	Y=23		
151	X=64	Y=23		
160	X=40	Y=47		
163	X=64	Y=47		Q=148,151,160,163,1,4
164	X=40	Y=43		

C -----JOINTS LANTAI DUA-----

201	X=0	Y=0	Z=9	
204	X=24	Y=0		
209	X=0	Y=16		
212	X=24	Y=16		Q=201,204,209,212,1,4
213	X=24	Y=19		
214	X=0	Y=23		
217	X=24	Y=23		
226	X=0	Y=47		
229	X=24	Y=47		Q=214,217,226,229,1,4
230	X=24	Y=43		
231	X=28	Y=8		
232	X=36	Y=8		
233	X=28	Y=47		
234	X=36	Y=47		
235	X=40	Y=0		
238	X=64	Y=0		
243	X=40	Y=16		
246	X=64	Y=16		Q=235,238,243,246,1,4
247	X=40	Y=19		
248	X=40	Y=23		
251	X=64	Y=23		
260	X=40	Y=47		
263	X=64	Y=47		Q=248,251,260,263,1,4
264	X=40	Y=43		

C -----JOINTS LANTAI TIGA-----

301	X=0	Y=0	Z=13	
304	X=24	Y=0		
309	X=0	Y=16		
312	X=24	Y=16		Q=301,304,309,312,1,4
313	X=24	Y=19		
314	X=0	Y=23		
317	X=24	Y=23		
326	X=0	Y=47		
329	X=24	Y=47		Q=314,317,326,329,1,4
330	X=24	Y=43		
331	X=28	Y=8		
332	X=36	Y=8		
333	X=28	Y=47		
334	X=36	Y=47		
335	X=40	Y=0		
338	X=64	Y=0		
343	X=40	Y=16		
346	X=64	Y=16		Q=335,338,343,346,1,4
347	X=40	Y=19		
348	X=40	Y=23		
351	X=64	Y=23		
360	X=40	Y=47		
363	X=64	Y=47		Q=348,351,360,363,1,4
364	X=40	Y=43		

C -----JOINTS LANTAI EMPAT-----

401	X=0	Y=0	Z=17	
404	X=24	Y=0		
409	X=0	Y=16		
412	X=24	Y=16		Q=401,404,409,412,1,4
413	X=24	Y=19		

414	X=0	Y=23	
417	X=24	Y=23	
426	X=0	Y=47	
429	X=24	Y=47	Q=414,417,426,429,1,4
430	X=24	Y=43	
431	X=28	Y=8	
432	X=36	Y=8	
433	X=28	Y=47	
434	X=36	Y=47	
435	X=40	Y=0	
438	X=64	Y=0	
443	X=40	Y=16	
446	X=64	Y=16	Q=435,438,443,446,1,4
447	X=40	Y=19	
448	X=40	Y=23	
451	X=64	Y=23	
460	X=40	Y=47	
463	X=64	Y=47	Q=448,451,460,463,1,4
464	X=40	Y=43	

C -----JOINTS LANTAI LIMA-----

501	X=0	Y=0	Z=21	
504	X=24	Y=0		
509	X=0	Y=16		
512	X=24	Y=16		Q=501,504,509,512,1,4
513	X=24	Y=19		
514	X=0	Y=23		
517	X=24	Y=23		
526	X=0	Y=47		
529	X=24	Y=47		Q=514,517,526,529,1,4
530	X=24	Y=43		
531	X=28	Y=8		
532	X=36	Y=8		
533	X=28	Y=47		
534	X=36	Y=47		
535	X=40	Y=0		
538	X=64	Y=0		
543	X=40	Y=16		
546	X=64	Y=16		Q=535,538,543,546,1,4
547	X=40	Y=19		
548	X=40	Y=23		
551	X=64	Y=23		
560	X=40	Y=47		
563	X=64	Y=47		Q=548,551,560,563,1,4
564	X=40	Y=43		

C -----JOINTS LANTAI ENAM-----

601	X=0	Y=0	Z=25	
604	X=24	Y=0		
609	X=0	Y=16		
612	X=24	Y=16		Q=601,604,609,612,1,4
613	X=24	Y=19		
614	X=0	Y=23		
617	X=24	Y=23		
626	X=0	Y=47		
629	X=24	Y=47		Q=614,617,626,629,1,4
630	X=24	Y=43		

631	X=28	Y=8	
632	X=36	Y=8	
633	X=28	Y=47	
634	X=36	Y=47	
635	X=40	Y=0	
638	X=64	Y=0	
643	X=40	Y=16	
646	X=64	Y=16	Q=635,638,643,646,1,4
647	X=40	Y=19	
648	X=40	Y=23	
651	X=64	Y=23	
660	X=40	Y=47	
663	X=64	Y=47	Q=648,651,660,663,1,4
664	X=40	Y=43	

C -----JOINTS LANTAI ATAP-----

701	X=0	Y=0	Z=29	
704	X=24	Y=0		
709	X=0	Y=16		
712	X=24	Y=16		Q=701,704,709,712,1,4
713	X=24	Y=19		
714	X=0	Y=23		
717	X=24	Y=23		
726	X=0	Y=47		
729	X=24	Y=47		Q=714,717,726,729,1,4
730	X=24	Y=43		
731	X=28	Y=8		
732	X=36	Y=8		
733	X=28	Y=47		
734	X=36	Y=47		
735	X=40	Y=0		
738	X=64	Y=0		
743	X=40	Y=16		
746	X=64	Y=16		Q=735,738,743,746,1,4
747	X=40	Y=19		
748	X=40	Y=23		
751	X=64	Y=23		
760	X=40	Y=47		
763	X=64	Y=47		Q=748,751,760,763,1,4
764	X=40	Y=43		

C -----JOINTS ATAP LENGKUNG-----

770	X=24	Y=8	Z=32	
786	X=40			
790	X=24	Y=16		
806	X=40			
810	X=24	Y=23		
826	X=40			
870	X=24	Y=47	Z=32	
886	X=40			Q=810,826,870,886,16,20
771	X=25	Y=8	Z=32.66	
785	X=39			
791	X=25	Y=16		
805	X=39			
811	X=25	Y=23		
825	X=39			
871	X=25	Y=47		

885	X=39			Q=811,825,871,885,14,20
772	X=26	Y=8	Z=33.23	
784	X=38			
792	X=26	Y=16		
804	X=38			
812	X=26	Y=23		
824	X=38			
872	X=26	Y=47		
884	X=38			Q=812,824,872,884,12,20
773	X=27	Y=8	Z=33.71	
783	X=37			
793	X=27	Y=16		
803	X=37			
813	X=27	Y=23		
823	X=37			
873	X=27	Y=47		
883	X=37			Q=813,823,873,883,10,20
774	X=28	Y=8	Z=34.1	
782	X=36			
794	X=28	Y=16		
802	X=36			
814	X=28	Y=23		
822	X=36			
874	X=28	Y=47		
882	X=36			Q=814,822,874,882,8,20
775	X=29	Y=8	Z=34.41	
781	X=35			
795	X=29	Y=16		
801	X=35			
815	X=29	Y=23		
821	X=35			
875	X=29	Y=47		
881	X=35			Q=815,821,875,881,6,20
776	X=30	Y=8	Z=34.63	
780	X=34			
796	X=30	Y=16		
800	X=34			
816	X=30	Y=23		
820	X=34			
876	X=30	Y=47		
880	X=34			Q=816,820,876,880,4,20
777	X=31	Y=8	Z=34.75	
779	X=33			
797	X=31	Y=16		
799	X=33			
817	X=31	Y=23		
819	X=33			
877	X=31	Y=47		
879	X=33			Q=817,819,877,879,2,20
778	X=32	Y=8	Z=34.80	
798	X=32	Y=16		
818	X=32	Y=23		
878	X=32	Y=47		G=818,878,20
C -----JOINTS SHEAR WALL-----				
900	X=30	Y=43	Z=0	

902	X=30	Y=41		G=900,902,1
903	X=32	Y=41		
904	X=34	Y=41		
906	X=34	Y=43		G=904,906,1
907	X=30	Y=43	Z=5	
909	X=30	Y=41		
949	X=30	Y=43	Z=29	
951	X=30	Y=41		Q=907,909,949,951,1,7
910	X=32	Y=41	Z=5	
952	X=32	Y=41	Z=29	G=910,952,7
911	X=34	Y=41	Z=5	
913	X=34	Y=43		
953	X=34	Y=41	Z=29	
955	X=34	Y=43		Q=911,913,953,955,1,7
1000	X=30	Y=23	Z=0	
1002	X=30	Y=25		G=1000,1002,1
1003	X=32	Y=25		
1004	X=34	Y=25		
1006	X=34	Y=23		G=1004,1006,1
1007	X=30	Y=23	Z=5	
1009	X=30	Y=25		
1049	X=30	Y=23	Z=29	
1051	X=30	Y=25		Q=1007,1009,1049,1051,1,7
1010	X=32	Y=25	Z=5	
1052	X=32	Y=25	Z=29	G=1010,1052,7
1011	X=34	Y=25	Z=5	
1013	X=34	Y=23		
1053	X=34	Y=25	Z=29	
1055	X=34	Y=23		Q=1011,1013,1053,1055,1,7
1100	X=30	Y=19	Z=0	
1102	X=30	Y=17		G=1100,1102,1
1103	X=32	Y=17	Z=0	
1104	X=34	Y=17		
1106	X=34	Y=19		G=1104,1106,1
1107	X=30	Y=19	Z=5	
1109	X=30	Y=17		
1149	X=30	Y=19	Z=29	
1151	X=30	Y=17		Q=1107,1109,1149,1151,1,7
1110	X=32	Y=17	Z=5	
1152	X=32	Y=17	Z=29	G=1110,1152,7
1111	X=34	Y=17	Z=5	
1113	X=34	Y=19		
1153	X=34	Y=17	Z=29	
1155	X=34	Y=19		Q=1111,1113,1153,1155,1,7

C -----MASTER JOINTS-----

1200	X=31.91	Y=24.05	Z=5
1201	X=32.00	Y=23.91	Z=9
1202	X=32.00	Y=23.91	Z=13
1203	X=32.00	Y=23.91	Z=17
1204	X=32.00	Y=23.91	Z=21
1205	X=32.00	Y=23.91	Z=25
1206	X=31.8	Y=24.04	Z=29
1207	X=31.7	Y=24.04	Z=34.8

:

MASSES

1200 M=388.45035,388.45035,0,0,0,248033.51142
 1201 M=404.12942,404.12942,0,0,0,258246.21760
 1202 M=404.12942,404.12942,0,0,0,258246.21760
 1203 M=404.12942,404.12942,0,0,0,258246.21760
 1204 M=404.12942,404.12942,0,0,0,258246.21760
 1205 M=404.12942,404.12942,0,0,0,258246.21760
 1206 M=258.87547,258.87547,0,0,0,186256.90066

:

RESTRAINTS

1,64,1 R=1,1,1,1,1,1
 101,164,1 R=1,1,0,0,0,1
 201,264,1 R=1,1,0,0,0,1
 301,364,1 R=1,1,0,0,0,1
 401,464,1 R=1,1,0,0,0,1
 501,564,1 R=1,1,0,0,0,1
 601,664,1 R=1,1,0,0,0,1
 701,764,1 R=1,1,0,0,0,1
 870,970,20 R=1,1,0,0,0,1
 886,986,20 R=1,1,0,0,0,1
 871,885,1 R=0,0,0,0,0,0
 891,905,1 R=0,0,0,0,0,0
 911,925,1 R=0,0,0,0,0,0
 931,945,1 R=0,0,0,0,0,0
 951,965,1 R=0,0,0,0,0,0
 971,985,1 R=0,0,0,0,0,0
 900,1155,1 R=0,0,0,0,0,0
 900,906,1 R=1,1,1,1,1,1
 1000,1006,1 R=1,1,1,1,1,1
 1100,1106,1 R=1,1,1,1,1,1
 907,913,2 R=1,1,0,0,0,1
 914,920,2 R=1,1,0,0,0,1
 921,927,2 R=1,1,0,0,0,1
 928,934,2 R=1,1,0,0,0,1
 935,941,2 R=1,1,0,0,0,1
 942,948,2 R=1,1,0,0,0,1
 949,955,2 R=1,1,0,0,0,1
 1007,1013,2 R=1,1,0,0,0,1
 1014,1020,2 R=1,1,0,0,0,1
 1021,1027,2 R=1,1,0,0,0,1
 1028,1034,2 R=1,1,0,0,0,1
 1035,1041,2 R=1,1,0,0,0,1
 1042,1048,2 R=1,1,0,0,0,1
 1049,1055,2 R=1,1,0,0,0,1
 1107,1113,2 R=1,1,0,0,0,1
 1114,1120,2 R=1,1,0,0,0,1
 1121,1127,2 R=1,1,0,0,0,1
 1128,1134,2 R=1,1,0,0,0,1
 1135,1141,2 R=1,1,0,0,0,1
 1142,1148,2 R=1,1,0,0,0,1
 1149,1155,2 R=1,1,0,0,0,1
 1200,1207,1 R=0,0,1,1,1,0

:

SHELL

NM=1 Z=-1

1 E=2.331E6 W=2.4 U=0.15

1	JQ=900,901,907,908	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
3	JQ=907,908,914,915	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
15	JQ=902,903,909,910	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
17	JQ=909,910,916,917	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
29	JQ=904,905,911,912	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
31	JQ=911,912,918,919	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
43	JQ=1000,1001,1007,1008	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
45	JQ=1007,1008,1014,1015	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
57	JQ=1002,1003,1009,1010	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
59	JQ=1009,1010,1016,1017	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
71	JQ=1004,1005,1011,1012	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
73	JQ=1011,1012,1018,1019	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
85	JQ=1100,1101,1107,1108	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
87	JQ=1107,1108,1114,1115	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
99	JQ=1102,1103,1109,1110	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
101	JQ=1109,1110,1116,1117	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6
113	JQ=1104,1105,1111,1112	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,1
115	JQ=1111,1112,1118,1119	ETYPE=1	TH=0.3	G=2,6

:

FRAME

NM=6 NL=70 NSEC=3 Z=-1

1	SH=R	T=0.8,0.8	E=2.331E6	W=0.8*0.8*2.4	:KOLOM UTAMA
2	SH=R	T=0.8,0.4	E=2.331E6	W=0.4*0.8*2.4	:BALOK INDUK
3	SH=R	T=0.7,0.35	E=2.331E6	W=0.35*0.7*2.4	:BALOK INDUK
4	SH=R	T=0.4,0.2	E=2.331E6	W=0.2*0.4*2.4	:BALOK INDUK
5	SH=R	T=0.6,0.6	E=2.331E6	W=0.6*0.6*2.4	:KOLOM ATAP
6	SH=R	T=0.1,0.1	E=2.331E15	W=0.001	:BALOK FIKTIF

C SPAN LOADING DATA

C BEBAN MATI

C -----LANTAI 1-6-----

1	WG=0,0,-1.84373	
2	WG=0,0,-2.69807	
3	WG=0,0,-1.92140	PLD=4,-9.1029,0
4	WG=0,0,-2.30041	PLD=4,-0.2880,0
5	WG=0,0,-2.85340	PLD=4,-14.248,0
6	WG=0,0,-0.98940	
7	WG=0,0,-2.69807	PLD=4,-7.3943,0
8	WG=0,0,-2.33000	PLD=4,-7.3943,0
9	WG=0,0,-1.70867	PLD=2,-7.9152,0,4,-7.9152,0
10	WG=0,0,-1.41657	PLD=4,-3.9576,0
11	WG=0,0,-2.77573	PLD=4,-1.2600,0
12	WG=0,0,-2.85340	PLD=2,-7.9152,0,4,-10.291,0,6,-7.9152,0
13	WG=0,0,-2.85340	PLD=4,-10.291,0
14	WG=0,0,-1.41657	
15	WG=0,0,-1.63015	
16	WG=0,0,-0.21358	PLD=2,-2.0107,0
17	WG=0,0,-1.26208	
18	WG=0,0,-1.81996	
19	WG=0,0,-1.66112	PLD=3.5,-7.9152,0
20	WG=0,0,-1.70867	PLD=4,-7.9152,0
21	WG=0,0,-1.84373	PLD=3,-1.6267,0
22	WG=0,0,-0.98940	

C -----LANTAI ATAP-----

23	WG=0,0,-1.04700	PLD=4,-1.44,0
24	WG=0,0,-0.98100	

25	WG=0,0,-1.45200	
26	WG=0,0,-1.58400	PLD=4,-13.056,0
27	WG=0,0,-0.96080	
28	WG=0,0,-1.41160	
29	WG=0,0,-0.88090	
30	WG=0,0,-0.52800	PLD=2,-0.72,0
31	WG=0,0,-1.49100	PLD=3,-0.72,0
32	WG=0,0,-1.49100	
33	WL=0,-0.20000,0	
34	WL=0,-0.35000,0	
35	WL=0,-0.40000,0	
C -----BEBAN HIDUP-----		
C -----LANTAI 1-6-----		
36	WG=0,0,-0.4583	
37	WG=0,0,-0.9167	
38	WG=0,0,-0.5000	PLD=4,-1.8333,0
39	WG=0,0,-0.7000	PLD=4,-1.8333,0
40	WG=0,0,-1.0000	PLD=4,-7.3333,0
41	WG=0,0,-0.4000	
42	WG=0,0,-0.8000	
43	WG=0,0,-0.3333	PLD=4,-0.9167,0
44	WG=0,0,-0.7917	PLD=4,-0.9167,0
45	WG=0,0,-0.7333	
46	WG=0,0,-1.1585	
47	WG=0,0,-0.8912	
48	WG=0,0,-0.2228	
49	WG=0,0,-0.5625	
50	WG=0,0,-0.3438	
51	WG=0,0,-0.3333	PLD=2,-0.3333,0
52	WG=0,0,-0.4583	PLD=3,-0.3333,0
53	WG=0,0,-1.2583	PLD=4,-2.8517,0
54	WG=0,0,-1.3000	PLD=4,-4.4559,0
C -----LANTAI ATAP-----		
55	WG=0,0,-0.2000	PLD=4,-0.7333,0
56	WG=0,0,-0.1830	
57	WG=0,0,-0.3667	
58	WG=0,0,-0.4000	PLD=4,-0.7333,0
59	WG=0,0,-0.4000	PLD=4,-1.4667,0
60	WG=0,0,-0.3833	PLD=4,-0.7333,0
61	WG=0,0,-0.4000	PLD=4,-1.3571,0
62	WG=0,0,-0.1782	
63	WG=0,0,-0.3565	
64	WG=0,0,-0.0891	
65	WG=0,0,-0.1375	
66	WG=0,0,-0.4000	
67	WG=0,0,-0.8000	
68	WL=0,-0.4000,0	
69	WL=0,-0.7000,0	
70	WL=0,-0.8000,0	
C KOLOM LANTAI DASAR		
1,1,101	M=1 LP=2,0 MS=0,1200	NSL=0,0 G=63,1,1,1
C KOLOM LANTAI 1		
101,101,201	M=1 LP=2,0 MS=1200,1201	NSL=0,0 G=63,1,1,1
C KOLOM LANTAI 2		
201,201,301	M=1 LP=2,0 MS=1201,1202	NSL=0,0 G=63,1,1,1

C KOLOM LANTAI 3						
301,301,401	M=1	LP=2,0	MS=1202,1203	NSL=0,0	G=63,1,1,1	
C KOLOM LANTAI 4						
401,401,501	M=1	LP=2,0	MS=1203,1204	NSL=0,0	G=63,1,1,1	
C KOLOM LANTAI 5						
501,501,601	M=1	LP=2,0	MS=1204,1205	NSL=0,0	G=63,1,1,1	
C KOLOM LANTAI 6						
601,601,701	M=1	LP=2,0	MS=1205,1206	NSL=0,0	G=63,1,1,1	
C KOLOM LANTAI ATAP						
708,708,770	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,4,4,20	
731,731,774	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,1,1,8	
739,739,786	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,4,4,20	
717,717,810	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,31,31,16	
721,721,830	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,31,31,16	
725,725,850	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,31,31,16	
729,729,870	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,31,31,16	
733,733,874	M=5	LP=2,0	MS=1206,1207	NSL=0,0	G=1,1,1,8	
C BALOK LANTAI 1 ARAH-X						
1300,102,101	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=3,38	G=2,1,1,1	
1303,106,105	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=4,39	G=1,38,36,36	
1304,107,106	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=5,40	G=1,1,1,1	
1306,110,109	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=11,53	G=1,38,36,36	
1307,111,110	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=12,54	G=1,3,5,5	
1308,112,111	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=13,54	G=1,3,5,5	
1309,115,114	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=13,54	G=1,38,36,36	
1312,119,118	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=13,40	G=1,2,2,2	
1313,120,119	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=12,40	G=1,36,34,34	
1315,123,122	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=8,44	G=1,38,36,36	
1316,124,123	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=5,40	G=1,1,1,1	
1318,127,126	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=3,43	G=1,38,36,36	
1319,128,127	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=3,38	G=1,1,1,1	
1321,131,108	M=4	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=22,41	G=1,2,8,24	
1322,132,131	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=6,42		
1324,1107,113	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1325,1113,1107	M=4	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=16,51		
1326,147,1113	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1327,1007,117	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1328,1013,1007	M=4	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=16,51		
1329,148,1013	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1330,907,130	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1331,913,907	M=4	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=16,51		
1332,164,913	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=15,50		
1333,133,129	M=4	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=17,39	G=1,2,27,5	
1334,134,133	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=21,52		
1336,136,135	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=3,38	G=2,1,1,1	
1339,140,139	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=5,40	G=1,1,1,1	
1342,144,143	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=13,54	G=1,3,5,5	
1343,145,144	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=12,54	G=1,3,5,5	
1348,153,152	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=13,40	G=1,2,2,2	
1351,157,156	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=5,40	G=1,1,1,1	
1354,161,160	M=2	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=3,38	G=1,1,1,1	
1410,909,911	M=6	LP=2,0	MS=1200,1200	NSL=0,0	G=2,1,100,100	
C BALOK LANTAI 1 ARAH-Y						
1357,101,105	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=1,36	G=1,3,3,3	
1358,102,106	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=2,37	G=1,1,1,1	

1361,105,109	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=7,42	G=1,29,37,37
1362,106,110	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=8,44	G=1,27,35,35
1363,107,111	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1364,108,112	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1365,109,114	M=3	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=18,45	G=1,30,37,37
1366,110,115	M=3	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=19,46	G=1,28,35,35
1367,111,116	M=3	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=19,47	G=1,26,33,33
1368,112,113	M=4	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1369,113,117	M=4	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1370,114,118	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1371,115,119	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=20,37	G=1,27,35,35
1372,116,120	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=20,37	G=1,25,33,33
1373,117,121	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1374,118,122	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1375,119,123	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=9,37	G=1,27,35,35
1376,120,124	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1377,121,125	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1378,122,126	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=1,36	G=1,30,37,37
1379,123,127	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=4,39	G=1,28,35,35
1380,124,128	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=2,37	G=1,26,33,33
1381,125,130	M=4	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1382,130,129	M=4	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1383,135,139	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1384,136,140	M=2	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1413,1109,1107	M=6	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=0,0	G=1,1,2,6
1415,1007,1009	M=6	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=0,0	G=1,1,6,2
1417,909,907	M=6	LP=3,0	MS=1200,1200	NSL=0,0	G=1,1,2,6

C BALOK LANTAI 2 ARAH-X

1500,202,201	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=3,38	G=2,1,1,1
1503,206,205	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=4,39	G=1,38,36,36
1504,207,206	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1506,210,209	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=11,53	G=1,38,36,36
1507,211,210	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1508,212,211	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1509,215,214	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=13,54	G=1,38,36,36
1512,219,218	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1513,220,219	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=12,40	G=1,36,34,34
1515,223,222	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=8,44	G=1,38,36,36
1516,224,223	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1518,227,226	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=3,43	G=1,38,36,36
1519,228,227	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=3,38	G=1,1,1,1
1521,231,208	M=4	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=22,41	G=1,2,8,24
1522,232,231	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=6,42	
1524,1114,213	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1525,1120,1114	M=4	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=16,51	
1526,247,1120	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1527,1014,217	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1528,1020,1014	M=4	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=16,51	
1529,248,1020	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1530,914,230	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1531,920,914	M=4	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=16,51	
1532,264,920	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=15,50	
1533,233,229	M=4	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=17,39	G=1,2,27,5
1534,234,233	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=21,52	
1536,236,235	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=3,38	G=2,1,1,1

1539,240,239	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1542,244,243	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1543,245,244	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1548,253,252	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1551,257,256	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1554,261,260	M=2	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=3,38	G=1,1,1,1
1610,916,918	M=6	LP=2,0	MS=1201,1201	NSL=0,0	G=2,1,100,100

C BALOK LANTAI 2 ARAH-Y

1557,201,205	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1558,202,206	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1561,205,209	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=7,42	G=1,29,37,37
1562,206,210	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=8,44	G=1,27,35,35
1563,207,211	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1564,208,212	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1565,209,214	M=3	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=18,45	G=1,30,37,37
1566,210,215	M=3	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=19,46	G=1,28,35,35
1567,211,216	M=3	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=19,47	G=1,26,33,33
1568,212,213	M=4	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1569,213,217	M=4	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1570,214,218	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1571,215,219	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=20,37	G=1,27,35,35
1572,216,220	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=20,37	G=1,25,33,33
1573,217,221	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1574,218,222	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1575,219,223	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=9,37	G=1,27,35,35
1576,220,224	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1577,221,225	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1578,222,226	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=1,36	G=1,30,37,37
1579,223,227	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=4,39	G=1,28,35,35
1580,224,228	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=2,37	G=1,26,33,33
1581,225,230	M=4	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1582,230,229	M=4	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1583,235,239	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1584,236,240	M=2	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1613,1116,1114	M=6	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=0,0	G=1,1,2,6
1615,1014,1016	M=6	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=0,0	G=1,1,6,2
1617,916,914	M=6	LP=3,0	MS=1201,1201	NSL=0,0	G=1,1,2,6

C BALOK LANTAI 3 ARAH-X

1700,302,301	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=3,38	G=2,1,1,1
1703,306,305	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=4,39	G=1,38,36,36
1704,307,306	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1706,310,309	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=11,53	G=1,38,36,36
1707,311,310	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1708,312,311	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1709,315,314	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=13,54	G=1,38,36,36
1712,319,318	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1713,320,319	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=12,40	G=1,36,34,34
1715,323,322	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=8,44	G=1,38,36,36
1716,324,323	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1718,327,326	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=3,43	G=1,38,36,36
1719,328,327	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=3,38	G=1,1,1,1
1721,331,308	M=4	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=22,41	G=1,2,8,24
1722,332,331	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=6,42	
1724,1121,313	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1725,1127,1121	M=4	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=16,51	

1726,347,1127	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1727,1021,317	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1728,1027,1021	M=4	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=16,51	
1729,348,1027	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1730,921,330	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1731,927,921	M=4	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=16,51	
1732,364,927	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=15,50	
1733,333,329	M=4	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=17,39	G=1,2,27,5
1734,334,333	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=21,52	
1736,336,335	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=3,38	G=2,1,1,1
1739,340,339	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1742,344,343	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1743,345,344	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1748,353,352	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1751,357,356	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1754,361,360	M=2	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=3,38	G=1,1,1,1
1810,923,925	M=6	LP=2,0	MS=1202,1202	NSL=0,0	G=2,1,100,100

C BALOK LANTAI 3 ARAH-Y

1757,301,305	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1758,302,306	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1761,305,309	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=7,42	G=1,29,37,37
1762,306,310	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=8,44	G=1,27,35,35
1763,307,311	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1764,308,312	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1765,309,314	M=3	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=18,45	G=1,30,37,37
1766,310,315	M=3	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=19,46	G=1,28,35,35
1767,311,316	M=3	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=19,47	G=1,26,33,33
1768,312,313	M=4	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1769,313,317	M=4	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1770,314,318	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1771,315,319	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=20,37	G=1,27,35,35
1772,316,320	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=20,37	G=1,25,33,33
1773,317,321	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1774,318,322	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1775,319,323	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=9,37	G=1,27,35,35
1776,320,324	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1777,321,325	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1778,322,326	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=1,36	G=1,30,37,37
1779,323,327	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=4,39	G=1,28,35,35
1780,324,328	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=2,37	G=1,26,33,33
1781,325,330	M=4	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1782,330,329	M=4	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1783,335,339	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1784,336,340	M=2	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1813,1123,1121	M=6	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=0,0	G=1,1,2,6
1815,1021,1023	M=6	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=0,0	G=1,1,6,2
1817,923,921	M=6	LP=3,0	MS=1202,1202	NSL=0,0	G=1,1,2,6

C BALOK LANTAI 4 ARAH-X

1900,402,401	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=3,38	G=2,1,1,1
1903,406,405	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=4,39	G=1,38,36,36
1904,407,406	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1906,410,409	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=11,53	G=1,38,36,36
1907,411,410	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1908,412,411	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1909,415,414	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=13,54	G=1,38,36,36

1912,419,418	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1913,420,419	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=12,40	G=1,36,34,34
1915,423,422	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=8,44	G=1,38,36,36
1916,424,423	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1918,427,426	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=3,43	G=1,38,36,36
1919,428,427	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=3,38	G=1,1,1,1
1921,431,408	M=4	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=22,41	G=1,2,8,24
1922,432,431	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=6,42	
1924,1128,413	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1925,1134,1128	M=4	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=16,51	
1926,447,1134	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1927,1028,417	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1928,1034,1028	M=4	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=16,51	
1929,448,1034	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1930,928,430	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1931,934,928	M=4	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=16,51	
1932,464,934	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=15,50	
1933,433,429	M=4	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=17,39	G=1,2,27,5
1934,434,433	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=21,52	
1936,436,435	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=3,38	G=2,1,1,1
1939,440,439	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1942,444,443	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=13,54	G=1,3,5,5
1943,445,444	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=12,54	G=1,3,5,5
1948,453,452	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=13,40	G=1,2,2,2
1951,457,456	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=5,40	G=1,1,1,1
1954,461,460	M=2	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=3,38	G=1,1,1,1
2010,930,932	M=6	LP=2,0	MS=1203,1203	NSL=0,0	G=2,1,100,100

C BALOK LANTAI 4 ARAH-Y

1957,401,405	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1958,402,406	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=2,37	G=1,1,1,1
1961,405,409	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=7,42	G=1,29,37,37
1962,406,410	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=8,44	G=1,27,35,35
1963,407,411	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1964,408,412	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1965,409,414	M=3	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=18,45	G=1,30,37,37
1966,410,415	M=3	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=19,46	G=1,28,35,35
1967,411,416	M=3	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=19,47	G=1,26,33,33
1968,412,413	M=4	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1969,413,417	M=4	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1970,414,418	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1971,415,419	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=20,37	G=1,27,35,35
1972,416,420	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=20,37	G=1,25,33,33
1973,417,421	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1974,418,422	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=10,36	G=1,29,37,37
1975,419,423	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=9,37	G=1,27,35,35
1976,420,424	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=9,37	G=1,25,33,33
1977,421,425	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=10,36	G=1,23,31,31
1978,422,426	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=1,36	G=1,30,37,37
1979,423,427	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=4,39	G=1,28,35,35
1980,424,428	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=2,37	G=1,26,33,33
1981,425,430	M=4	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=14,48	G=1,23,31,34
1982,430,429	M=4	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=17,49	G=1,23,34,31
1983,435,439	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=1,36	G=1,3,3,3
1984,436,440	M=2	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2013,1130,1128	M=6	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=0,0	G=1,1,2,6

2015,1028,1030	M=6	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=0,0	G=1,1,6,2
2017,930,928	M=6	LP=3,0	MS=1203,1203	NSL=0,0	G=1,1,2,6
C BALOK LANTAI 5 ARAH-X					
2100,502,501	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=3,38	G=2,1,1,1
2103,506,505	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=4,39	G=1,38,36,36
2104,507,506	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2106,510,509	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=11,53	G=1,38,36,36
2107,511,510	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=12,54	G=1,3,5,5
2108,512,511	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=13,54	G=1,3,5,5
2109,515,514	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=13,54	G=1,38,36,36
2112,519,518	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=13,40	G=1,2,2,2
2113,520,519	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=12,40	G=1,36,34,34
2115,523,522	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=8,44	G=1,38,36,36
2116,524,523	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2118,527,526	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=3,43	G=1,38,36,36
2119,528,527	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=3,38	G=1,1,1,1
2121,531,508	M=4	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=22,41	G=1,2,8,24
2122,532,531	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=6,42	
2124,1135,513	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2125,1141,1135	M=4	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=16,51	
2126,547,1141	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2127,1035,517	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2128,1041,1035	M=4	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=16,51	
2129,548,1041	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2130,935,530	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2131,941,935	M=4	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=16,51	
2132,564,941	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=15,50	
2133,533,529	M=4	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=17,39	G=1,2,27,5
2134,534,533	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=21,52	
2136,536,535	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=3,38	G=2,1,1,1
2139,540,539	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2142,544,543	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=13,54	G=1,3,5,5
2143,545,544	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=12,54	G=1,3,5,5
2148,553,552	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=13,40	G=1,2,2,2
2151,557,556	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2154,561,560	M=2	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=3,38	G=1,1,1,1
2210,937,939	M=6	LP=2,0	MS=1204,1204	NSL=0,0	G=2,1,100,100
C BALOK LANTAI 5 ARAH-Y					
2157,501,505	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2158,502,506	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2161,505,509	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=7,42	G=1,29,37,37
2162,506,510	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=8,44	G=1,27,35,35
2163,507,511	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2164,508,512	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2165,509,514	M=3	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=18,45	G=1,30,37,37
2166,510,515	M=3	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=19,46	G=1,28,35,35
2167,511,516	M=3	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=19,47	G=1,26,33,33
2168,512,513	M=4	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2169,513,517	M=4	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2170,514,518	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2171,515,519	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=20,37	G=1,27,35,35
2172,516,520	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=20,37	G=1,25,33,33
2173,517,521	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2174,518,522	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2175,519,523	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=9,37	G=1,27,35,35

2176,520,524	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2177,521,525	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2178,522,526	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=1,36	G=1,30,37,37
2179,523,527	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=4,39	G=1,28,35,35
2180,524,528	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=2,37	G=1,26,33,33
2181,525,530	M=4	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2182,530,529	M=4	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2183,535,539	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2184,536,540	M=2	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2213,1137,1135	M=6	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=0,0	G=1,1,2,6
2215,1035,1037	M=6	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=0,0	G=1,1,6,2
2217,937,935	M=6	LP=3,0	MS=1204,1204	NSL=0,0	G=1,1,2,6
C BALOK LANTAI 6 ARAH-X					
2300,602,601	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=3,38	G=2,1,1,1
2303,606,605	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=4,39	G=1,38,36,36
2304,607,606	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2306,610,609	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=11,53	G=1,38,36,36
2307,611,610	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=12,54	G=1,3,5,5
2308,612,611	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=13,54	G=1,3,5,5
2309,615,614	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=13,54	G=1,38,36,36
2312,619,618	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=13,40	G=1,2,2,2
2313,620,619	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=12,40	G=1,36,34,34
2315,623,622	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=8,44	G=1,38,36,36
2316,624,623	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2318,627,626	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=3,43	G=1,38,36,36
2319,628,627	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=3,38	G=1,1,1,1
2321,631,608	M=4	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=22,41	G=1,2,8,24
2322,632,631	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=6,42	
2324,1142,613	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2325,1148,1142	M=4	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=16,51	
2326,647,1148	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2327,1042,617	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2328,1048,1042	M=4	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=16,51	
2329,648,1048	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2330,942,630	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2331,948,942	M=4	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=16,51	
2332,664,948	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=15,50	
2333,633,629	M=4	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=17,39	G=1,2,27,5
2334,634,633	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=21,52	
2336,636,635	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=3,38	G=2,1,1,1
2339,640,639	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2342,644,643	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=13,54	G=1,3,5,5
2343,645,644	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=12,54	G=1,3,5,5
2348,653,652	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=13,40	G=1,2,2,2
2351,657,656	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=5,40	G=1,1,1,1
2354,661,660	M=2	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=3,38	G=1,1,1,1
2410,944,946	M=6	LP=2,0	MS=1205,1205	NSL=0,0	G=2,1,100,100
C BALOK LANTAI 6 ARAH-Y					
2357,601,605	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2358,602,606	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2361,605,609	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=7,42	G=1,29,37,37
2362,606,610	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=8,44	G=1,27,35,35
2363,607,611	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2364,608,612	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2365,609,614	M=3	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=18,45	G=1,30,37,37

2366,610,615	M=3	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=19,46	G=1,28,35,35
2367,611,616	M=3	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=19,47	G=1,26,33,33
2368,612,613	M=4	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2369,613,617	M=4	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2370,614,618	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2371,615,619	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=20,37	G=1,27,35,35
2372,616,620	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=20,37	G=1,25,33,33
2373,617,621	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2374,618,622	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2375,619,623	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=9,37	G=1,27,35,35
2376,620,624	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2377,621,625	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2378,622,626	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=1,36	G=1,30,37,37
2379,623,627	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=4,39	G=1,28,35,35
2380,624,628	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=2,37	G=1,26,33,33
2381,625,630	M=4	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2382,630,629	M=4	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2383,635,639	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2384,636,640	M=2	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2413,1144,1142	M=6	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=0,0	G=1,1,2,6
2415,1042,1044	M=6	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=0,0	G=1,1,6,2
2417,944,942	M=6	LP=3,0	MS=1205,1205	NSL=0,0	G=1,1,2,6
C BALOK LANTAI 7 ARAH-X					
2500,702,701	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=2,1,1,1
2503,706,705	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,58	G=1,38,36,36
2504,707,706	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,1,1,1
2506,710,709	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,60	G=1,38,36,36
2507,711,710	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,61	G=1,3,5,5
2508,712,711	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,61	G=1,3,5,5
2509,715,714	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,61	G=1,38,36,36
2512,719,718	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,2,2,2
2513,720,719	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,36,34,34
2515,723,722	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,38,36,36
2516,724,723	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,1,1,1
2518,727,726	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=1,38,36,36
2519,728,727	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=1,1,1,1
2521,731,708	M=4	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=31,66	G=1,2,8,24
2522,732,731	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=31,67	
2524,1149,713	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2525,1155,1149	M=4	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=30,64	
2526,747,1155	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2527,1049,717	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2528,1055,1049	M=4	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=30,64	
2529,748,1055	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2530,949,730	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2531,955,949	M=4	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=30,64	
2532,764,955	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,65	
2533,733,729	M=4	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=29,64	G=1,2,27,5
2534,734,733	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=31,65	
2536,736,735	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=2,1,1,1
2539,740,739	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,1,1,1
2542,744,743	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,61	G=1,3,5,5
2543,745,744	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,61	G=1,3,5,5
2548,753,752	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,2,2,2
2551,757,756	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=26,59	G=1,1,1,1

2554,761,760	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=1,1,1,1
2610,951,953	M=6	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=2,1,100,100
C BALOK LANTAI 7 ARAH-Y					
2557,701,705	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2558,702,706	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2561,705,709	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=7,42	G=1,29,37,37
2562,706,710	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=8,44	G=1,27,35,35
2563,707,711	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2564,708,712	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2565,709,714	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=18,45	G=1,30,37,37
2566,710,715	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=19,46	G=1,28,35,35
2567,711,716	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=19,47	G=1,26,33,33
2568,712,713	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2569,713,717	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2570,714,718	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2571,715,719	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=20,37	G=1,27,35,35
2572,716,720	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=20,37	G=1,25,33,33
2573,717,721	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2574,718,722	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2575,719,723	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,27,35,35
2576,720,724	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2577,721,725	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2578,722,726	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,30,37,37
2579,723,727	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=4,39	G=1,28,35,35
2580,724,728	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,26,33,33
2581,725,730	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2582,730,729	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2583,735,739	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2584,736,740	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2613,1151,1149	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,2,6
2615,1049,1051	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,6,2
2617,951,949	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,2,6

C ATAP LENGKUNG

2700,771,770	M=2	LP=2,0	NSL=32,68	G=15,1,1,1
2720,791,790	M=2	LP=2,0	NSL=34,69	G=15,1,1,1
2740,811,810	M=2	LP=2,0	NSL=34,69	G=15,1,1,1
2760,831,830	M=2	LP=2,0	NSL=35,70	G=15,1,1,1
2780,851,850	M=2	LP=2,0	NSL=35,70	G=15,1,1,1
3000,871,870	M=2	LP=2,0	NSL=32,68	G=15,1,1,1

:

SPEC

A=16.7 S=9.81 D=0.05

0.0 0.05 0.05

0.5 0.05 0.05

1.0 0.05 0.05

2.0 0.025 0.025

3.0 0.025 0.025

:

COMBO

1 C=1.2 1.6	D=0	:(1.2D +1.6L)
2 C=1.05 1.05*0.75	D=1.044	:1.05(D + LLr + Ekiri) (LLr=0.75)
3 C=1.05 1.05*0.75	D=-1.044	:1.05(D + LLr - Ekanan) (LLr=0.75)
4 C=0	D=1	:(E)

:

2554,761,760	M=2	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=23,55	G=1,1,1,1
2610,951,953	M=6	LP=2,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=2,1,100,100
C BALOK LANTAI 7 ARAH-Y					
2557,701,705	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2558,702,706	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2561,705,709	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=7,42	G=1,29,37,37
2562,706,710	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=8,44	G=1,27,35,35
2563,707,711	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2564,708,712	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2565,709,714	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=18,45	G=1,30,37,37
2566,710,715	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=19,46	G=1,28,35,35
2567,711,716	M=3	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=19,47	G=1,26,33,33
2568,712,713	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2569,713,717	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2570,714,718	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2571,715,719	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=20,37	G=1,27,35,35
2572,716,720	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=20,37	G=1,25,33,33
2573,717,721	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2574,718,722	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,29,37,37
2575,719,723	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,27,35,35
2576,720,724	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=9,37	G=1,25,33,33
2577,721,725	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=10,36	G=1,23,31,31
2578,722,726	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,30,37,37
2579,723,727	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=4,39	G=1,28,35,35
2580,724,728	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,26,33,33
2581,725,730	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=14,48	G=1,23,31,34
2582,730,729	M=4	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=17,49	G=1,23,34,31
2583,735,739	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=1,36	G=1,3,3,3
2584,736,740	M=2	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=2,37	G=1,1,1,1
2613,1151,1149	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,2,6
2615,1049,1051	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,6,2
2617,951,949	M=6	LP=3,0	MS=1206,1206	NSL=0,0	G=1,1,2,6
C ATAP LENGKUNG					
2700,771,770	M=2	LP=2,0	NSL=32,68	G=15,1,1,1	
2720,791,790	M=2	LP=2,0	NSL=34,69	G=15,1,1,1	
2740,811,810	M=2	LP=2,0	NSL=34,69	G=15,1,1,1	
2760,831,830	M=2	LP=2,0	NSL=35,70	G=15,1,1,1	
2780,851,850	M=2	LP=2,0	NSL=35,70	G=15,1,1,1	
3000,871,870	M=2	LP=2,0	NSL=32,68	G=15,1,1,1	
:					
SPEC					
A=73.3	S=9.81	D=0.05			
0.0	0.05	0.05			
0.5	0.05	0.05			
1.0	0.05	0.05			
2.0	0.025	0.025			
3.0	0.025	0.025			
:					
COMBO					
1 C=1.2 1.6	D=0		:(1.2D +1.6L)		
2 C=1.05 1.05*0.75	D=1.044		:1.05(D + LLr + Ekiri) (LLr=0.75)		
3 C=1.05 1.05*0.75	D=-1.044		:1.05(D + LLr - Ekanan) (LLr=0.75)		
4 C=0	D=1		:(E)		
:					

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

Struktur utama merupakan struktur pemikul beban yang diperlukan bagi ketahanan gedung jika mengalami pembebanan yang disyaratkan Disamping beban gravitasi, struktur utama juga menerima beban lateral (gempa).

Struktur utama gedung ini meliputi balok induk, kolom, dinding geser (shear wall) untuk struktur atas, serta pondasi, slope dan poer untuk struktur bawah.

Penulangan struktur utama dirancang untuk tingkat daktilitas penuh atau yang lebih dikenal dengan *Disain Kapasitas*, yaitu struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu persyaratan penyelesaian khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan.

Dengan demikian terjadinya mekanisme sendi plastis harus dikendalikan atau dipaksakan agar terjadi pada tempat-tempat yang diinginkan (balok) dengan cara meningkatkan unsur-unsur yang berbatasan dengannya (kolom). Pengertian ini mengandung arti yaitu ' kolom kuat dan balok lemah '.

Selain itu keruntuhan pada balok harus bersifat daktil yaitu akibat keruntuhan lentur, dan bukan karena keruntuhan geser. Hal ini untuk memberikan peringatan sebelum keruntuhan terjadi yaitu dengan terjadinya perubahan bentuk. Sedangkan beban rancang lateral dasar yang ditetapkan

dalam PPTGIUG-1983 harus diperhitungkan dengan faktor jenis struktur K sebesar 1.

7.1. PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK UTAMA

7.1.1. Penulangan Balok Interior

7.1.1.1. Penulangan Lentur

Dalam perencanaan tulangan ini dipakai tulangan rangkap yaitu penampang persegi dengan tulangan tarik dan tekan. Apabila momen negatif maka balok dianalisa sebagai balok persegi dan bila momen positif maka balok dianalisa sebagai balok T.

Sebagai contoh perhitungan diambil balok induk pada lantai 1, As 5 - CD (Portal 5) dengan data sebagai berikut :

- lebar balok (b) = 400 mm
- tinggi balok (h) = 800 mm
- selimut beton = 40 mm
- sengkang = ϕ 12
- mutu beton f_c' = 24,61 MPa
- mutu baja f_y = 320 MPa
- $d = 800 - (40 + 12 + 25/2) = 735.5$ mm
- $d' = 40 + 12 + 25/2 = 64.5$

A. Pada Tumpuan

$$M_u = 708400000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0.5) 708400000}{0.8 \times 400 \times 735.5^2} = 2.046$$

$$\rho\delta = \frac{0.85 f_c'}{f_y} = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c'}} \right]$$

$$= \frac{0.85 \times 24.61}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.046}{0.85 \times 24.61}} \right]$$

$$= 0.00674$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d}$$

$$= \frac{0.5 \times 708400000}{0.8 \times 320 \times (735.5 - 64.5) \times 400 \times 735.5}$$

$$= 0.00701$$

$$\rho = \rho\delta + \rho' = 0.00674 + 0.00701 = 0.0138$$

$$\text{Check } \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.00437$$

$$\rho = 0.0138 > \rho_{\min} \text{ (OK)}$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan adalah :

$$A_s = \rho b d = 0.0138 \times 400 \times 735.5 = 4045.250 \text{ mm}^2$$

dipasang tulangan 9 D 25 dengan $A_{st} = 4418 \text{ mm}^2$

$$A_s' = \rho' b d = 0.00701 \times 400 \times 735.5 = 2062.342 \text{ mm}^2$$

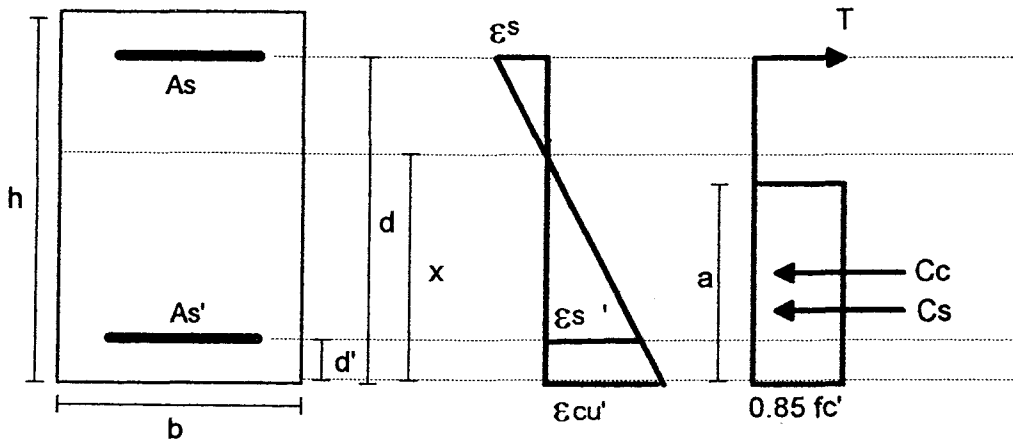
dipasang tulangan 5 D 25 dengan $A_{st}' = 2454 \text{ mm}^2$

Check terhadap tulangan tarik minimum :

$$\frac{A_s}{b d} \geq \frac{1.4}{f_y} \rightarrow \frac{4418}{400 \times 735.5} = 0.0150 \geq 0.004275 \quad (\text{OK})$$

Check apakah tulangan tekan meleleh :

$$\rho - \rho' \left(1 - \frac{0.85 f_c'}{f_y} \right) \geq \frac{0.085 f_c' \beta_1 d'}{f_y d} \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$



Gambar 7.1. Penampang Balok Pada Tumpuan

$$0.0138 - 0.00701 \left(1 - \frac{0.85 \times 24.61}{320}\right) \geq \frac{0.85 \times 24.61 \times 0.85 \times 64.5}{320 \times 735.5} \left(\frac{600}{600 - 320}\right)$$

Jadi tulangan tekan tidak melebihi sehingga f_s' diselesaikan dengan persamaan abc dimana :

$$\begin{aligned} a &= 0.85 f_c' \beta b \\ &= 0.85 \times 24.61 \times 0.85 \times 400 \\ &= 7112029 \end{aligned}$$

$$b = b d f_y \left[\rho' \left(\frac{600}{320} - \frac{1}{m} \right) - \rho \right]$$

dimana :

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{320}{0.85 \times 24.61} = 15.2975$$

$$\begin{aligned} b &= 400 \times 735.5 \times 320 \times \left[0.00701 \times \left(\frac{600}{320} - \frac{1}{15.2975} \right) - 0.0138 \right] \\ &= -195659,758 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= -600 \rho b d d' \\ &= -600 \times 0.00701 \times 400 \times 735.5 \times 64.5 \end{aligned}$$

$$= - 80040346.2$$

Selanjutnya didapat nilai $x = 120.727$ mm, sehingga nilai f_s' adalah :

$$\begin{aligned} f_s' &= 600 \frac{x - d'}{x} - 0.85 f_c' \\ &= 600 \frac{120.727 - 64.5}{120.727} - 0.85 \times 24.61 = 258.523 \end{aligned}$$

Check terhadap tulangan tarik maksimum

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 24.61}{320} \times 0.85 \times \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0.03622 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{pakai}} \leq A_{s\text{maks}} = 0.75 \rho_b b d + \frac{f_s'}{f_y} A_s'$$

$$4418 \leq 0.75 \times 0.03622 \times 400 \times 735.5 + \frac{258.523}{320} 2454$$

$$4418 \leq 9974.491$$

Check kuat lentur

$$a = \beta_1 x = 0.85 \times 120.727$$

$$= 102.618 \text{ mm}$$

$$C_c = 0.85 f_c' a b = 2454 \times 24.61 \times 102.618 \times 400$$

$$= 858645.853 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0.85 f_c') = 2454 \times (258.523 - 0.85 \times 24.61)$$

$$= 583081.0443 \text{ N}$$

$$M_n = C_s \left(d - \frac{d'}{2} \right) + C_c \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 583081.443 (735.5 - 64.5) + 858645.853 \left(735.5 - \frac{102.618}{2} \right)$$

$$= 978725413.1 \text{ Nmm}$$

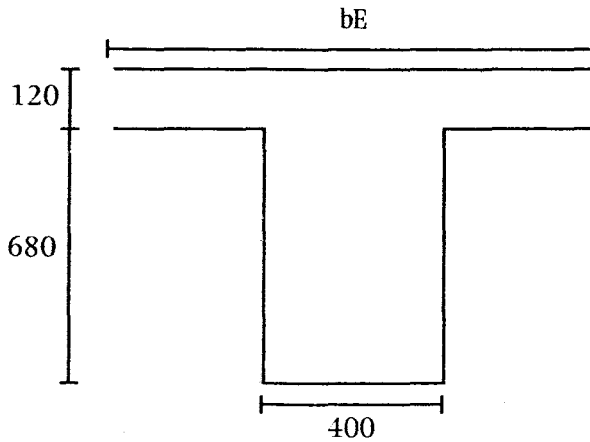
$$\text{Jadi } M_n = 978725413.1 > M_u = 8286700000 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})$$

B. Pada Lapangan

$$M_u = 378100000 \text{ Nmm}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d = 800 - 40 - 12 - (0.5 \times 25) = 735.5 \text{ mm}$$



Gambar 7.2. Penampang balok dan pelat

Perhitungan lebar efektif flens (dipilih yang terkecil dari) :

$$1). \text{be} = \frac{L}{4} = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ mm}$$

$$2). \text{be} = b_w + 16 t = 400 + 16 \times 120 = 2320 \text{ mm}$$

$$3). \text{be} = b_w + L_n = 400 + 7200 = 7600 \text{ mm}$$

$$4). \text{be} = L_n = 7200$$

Dipakai lebar efektif $\text{be} = 2000 \text{ mm}$

Check balok T

Dianggap $a = t = 120 \text{ mm}$

$$c = 0.85 f_c' b_e t = 0.85 \times 24.61 \times 2000 \times 120$$

$$= 5020440 \text{ N}$$

$$M_n = c \left(d - \frac{t}{2} \right) = 5020440 \times \left(635.5 - \frac{120}{2} \right)$$

$$= 2889263220 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{0.8} = \frac{378100000}{0.8}$$

$$= 47262500000 \text{ Nmm}$$

karena $Mn_{\text{perlu}} < Mn$ maka $a < t \longrightarrow$ balok T palsu (flens semu)

Asumsi lengan momen $(d - \frac{a}{2}) = 0.9 d$

$$As_{\text{perlu}} = \frac{Mn_{\text{perlu}}}{(d - \frac{a}{2}) f_y} = \frac{472625000}{(0.9 \times 735.5) \times 320}$$

$$= 2231.216 \text{ mm}^2$$

dipasang tulangan 5 D-25 dengan $As_t = 2454 \text{ mm}^2$

$$As' = 0.5 \times As = 0.5 \times 2454$$

$$= 1227 \text{ mm}^2$$

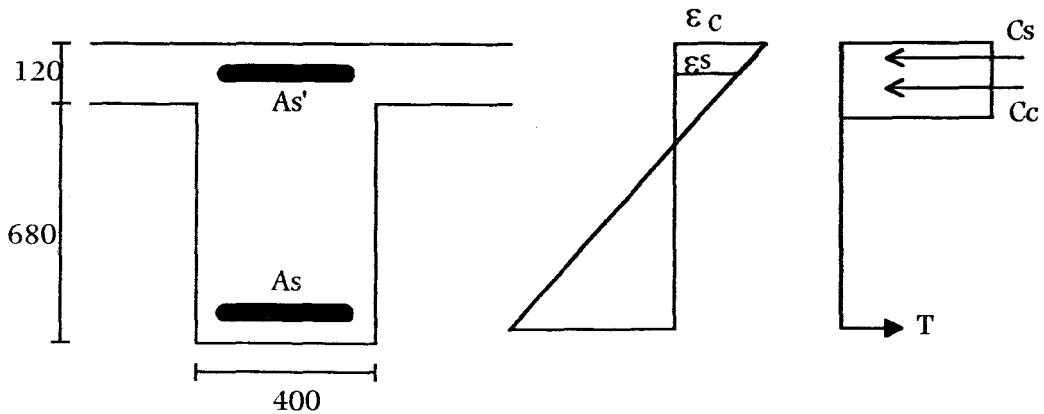
dipasang tulangan 3 D-25 dengan $As_t = 1473 \text{ mm}^2$

Selanjutnya untuk perhitungan balok lainnya dapat dilihat pada tabel terlampir.

7.1.12. Perhitungan Momen Kapasitas Balok

a. Momen Kapasitas pada Tumpuan Kiri

- Momen Kapasitas Positif



Gambar 7.3. Momen Kapasitas Positif Penampang Persegi

$$A_s = 5 \text{ D } 25 = 2454 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 9 \text{ D } 25 = 4418 \text{ mm}^2$$

$$C_c = 0.85 f_c' b \epsilon a = 0.85 \times 24.61 \times 2000 \times a = 41837 a$$

$$T = A_s f_y = 2454 \times 320 = 785280 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' f_y = 4418 \times 320 = 1413760 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$T = C_c + C_s$$

$$785280 = 41837 a + 1413760$$

$$a = -15.391 \text{ mm}$$

Karena nilai a terlalu kecil (negatif), sehingga sebenarnya tulangan tekan tidak diperlukan.

sehingga persamaannya

$$T = C_s$$

$$785280 = 41837 a$$

$$a = 18.770 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm}$$

$$M_{n_{ak}(+)} = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

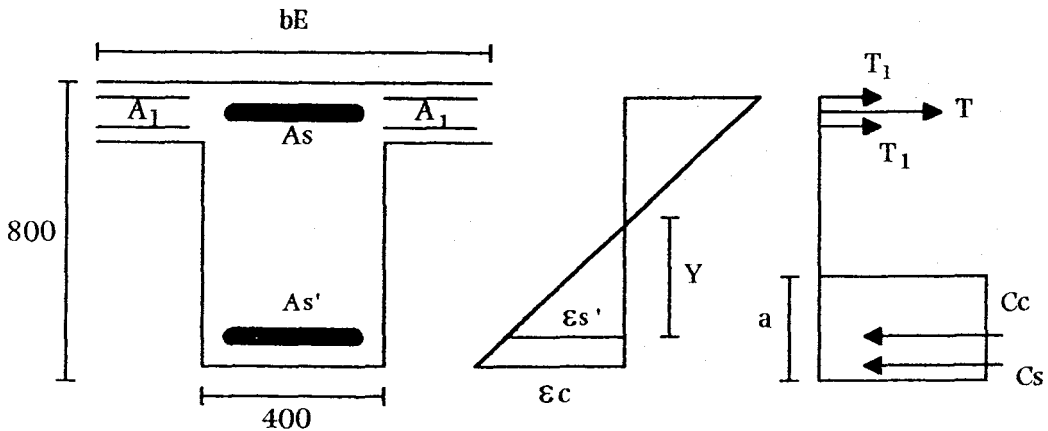
$$= 785280 \left(735.5 - \frac{18.770}{2} \right) = 570203587.2 \text{ Nmm}$$

$$M_{kap}(+) = 1.25 M_{n_{ak}}$$

$$= 1.25 \times 570203587.2$$

$$= 712.754 \text{ KNm}$$

- Momen Kapasitas Negatif



Gambar 7.4. Momen Kapasitas Negatif Penampang Persegi

$$A_s = 9 \text{ D } 25 = 4418 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 5 \text{ D } 25 = 2454 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 6 \text{ D } 10 = 471 \text{ mm}^2$$

$$C_c = 0.85 f_c' b a = 0.85 \times 24.61 \times 400 \times a = 8367.4 a$$

$$T = A_s f_y = 4418 \times 320 = 1413760 \text{ N}$$

$$C_s = A_{s'} f_y = 2454 \times 320 = 785280 \text{ N}$$

$$T_1 = A_1 f_y = 471 \times 320 = 150720 \text{ N}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c + C_s = T + 2 T_1$$

$$8367.4 a + 785280 = 1413760 + 301440$$

$$a = 111.136 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{a}{0.85} = 130.748 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\epsilon_s' > \frac{f_y}{E_s} = \frac{320}{2.1E5} = 1.52E-3$$

$$\epsilon_s' = \frac{(Y - d')}{Y} 0.003 = \frac{(130.748 - 64.5)}{130.748} \times 0.003$$

$$= 0.00152 > \frac{f_y}{E_s} \quad \text{Ok !}$$

$$M_{n_{ak}}(-) = C_c a \left(h - \frac{a}{2} - d'' \right) + C_s (h - d' - d'')$$

$$= 8367.4 \times 111.098 \left(800 - \frac{111.136}{2} - 64.5 \right) + 785280 (800 - 64.5 - 64.5)$$

$$= 1159204815 \text{ N-mm}$$

$$= 1159.205 \text{ KN-m}$$

$$M_{kap}(-) = 1.25 M_{n_{ak}}$$

$$= 1449.006 \text{ KN-m}$$

b. Momen Kapasitas Pada Tumpuan Kanan

$$\text{- Tulangan atas} = 9 \text{ D } 25 = 4418 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Tulangan bawah} = 5 \text{ D } 25 = 2454 \text{ mm}^2$$

Dengan cara yang sama pada perhitungan momen kapasitas pada tumpuan kiri, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$M_{n_{ak}}(+) = 570.203 \text{ KNm}$$

$$Mn_{kap}(+) = 712.754 \text{ KNm}$$

$$Mn_{ak}(-) = 1159.205 \text{ KNm}$$

$$Mn_{kap}(-) = 1449.006 \text{ KNm}$$

7.1.1.2. Penulangan Geser - Torsi

Penulangan geser balok dengan konsep desain kapasitas dihitung berdasarkan keadaan penampang dengan tulangan longitudinal terpasang (momen kapasitas).

Gaya geser rencana balok dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{u,b} = 0.7 \left[\frac{M_{kap} + M_{kap'}}{L_n} \right] + 1.05 V_g \quad \text{SKSNI 3.14.7.1.1}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_u = 1.05 (V_D + V_L + \frac{4}{k} V_E)$$

- Penulangan Geser Balok

$$\frac{V_U}{\phi} \leq V_c + V_s \quad \text{SKSNI 3.4.1}$$

$$V_c = \left(\sqrt{\frac{f_c'}{6}} \right) b_w d \quad \text{SKSNI 3.4.3-1.1}$$

$$V_s = A_v f_y \frac{d}{s} \quad \text{SKSNI 3.4.5-6.2}$$

dengan kuat geser pada daerah sendi plastis = 0 dan kuat geser beton di luar

daerah sendi plastis, $V_c = \frac{\left(\frac{f_c'}{6}\right)}{b_w d}$ (SKSNI 3.14.7-2.1) dan pada kedua ujung komponen struktur sepanjang dua kali tinggi komponen struktur harus dipasang sengkang tertutup, dimana mungkin terjadi leleh lentur sehubungan dengan perpindahan lateral inelastis dari rangka (SKSNI 3.4.3-1.1).

Pada lokasi yang berpotensi terjadi sendi plastis, spasi maksimum tidak boleh melebihi nilai di bawah ini (SKSNI 3.14.3-3.1).

$$- \frac{d}{4} = \frac{735.5}{4} = 183.875 \text{ mm}$$

$$- 8 d_{ul} = 8 * 25 = 200 \text{ mm}$$

$$- 24 \text{ diameter sengkang} = 24 * 12 = 288 \text{ mm}$$

$$- \frac{1600 f_y A_{st}}{(A_s f_y)} = \frac{1600 \times 320 \times 113}{(491 \times 320)} = 368 \text{ mm}$$

dengan :

$$A_{st} = \text{luas 1 kaki dari tulangan transversal (mm}^2\text{)}$$

$$A_{s\alpha} = \text{luas tulangan longitudinal atas (mm}^2\text{)}$$

$$f_y = \text{kuat leleh tulangan longitudinal (MPa)}$$

Pada daerah diluar sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai di bawah ini (SKSNI 3.4.5-4) :

$$- \frac{d}{2} = \frac{735.5}{2} = 367.75 \text{ mm}$$

$$- 600 \text{ mm}$$

- Kuat Torsi

Jika penampang balok juga menerima beban torsi, maka harus memenuhi syarat dibawah ini :

$$T_u = \phi T_n$$

dimana :

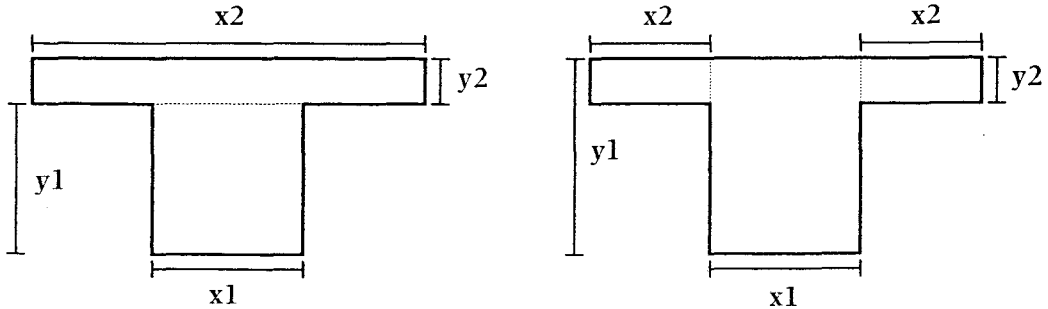
$$T_u = \text{ gaya torsi berfaktor pada penampang yang ditinjau}$$

$$T_n = \text{ kuat torsi nominal}$$

$$= T_c + T_s$$

Jika $T_U \leq \phi \left(\sqrt{\frac{f_c'}{20 \Sigma x^2 y}} \right)$, maka torsi diabaikan dengan $\Sigma x^2 y = \text{konstanta}$ torsi penampang.

$\Sigma x^2 y$ = dipilih terbesar dari kedua keadaan berikut ini :



$$\Sigma x^2 y = x_1^2 y_1 + x_2^2 y_2$$

$$\Sigma x^2 y = x_1^2 y_1 + 2 x_2^2 y_2$$

Gambar 7.5. Penampang Balok dan Pelat

Tulangan Longitudinal Balok

Batasan :

1. Minimum dua batang menerus sepanjang balok dengan jumlah dari tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari ρ_{\min} (untuk menjamin $M_{\text{ultimate}} > M_{\text{retak}}$) dan tidak boleh lebih dari ρ_{\max} (untuk menjamin putaran daktilitas - curvature daktility), yang cukup untuk mencapai daktilitas rencana.
2. Pada sisi muka joint, kuat momen positif tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat momen negatif. Atau secara pendekatan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{bawah}} \geq \frac{\rho_{\text{atas}}}{2}$$

3. Pada sembarang penampang dari balok, kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari seperempat kuat momen

maksimum yang terdapat pada kedua ujung joint, atau secara konservatif dapat dinyatakan :

$$\rho_{\text{atas atau bawah}} \geq \frac{\rho_{\text{maks ujung}}}{4}$$

Persyaratan nomor 2 dan nomor 3 diperlukan untuk menjamin tercapainya tingkat daktilitas rencana di daerah sendi plastis. Persyaratan ini juga diperlukan untuk kuat lentur yang cukup terhadap beban berbalik (reserved action).

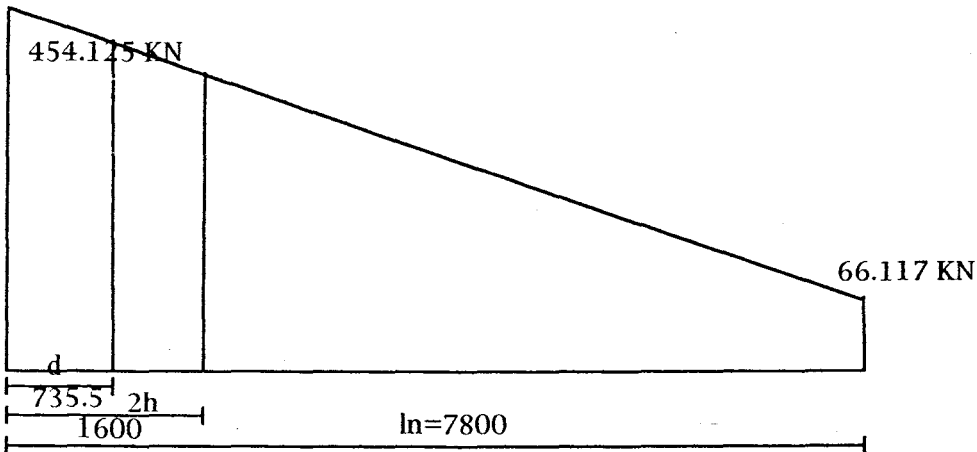
Tulangan Transversal Balok

Pemasangan tulangan transversal yang memadai di daerah sendi plastis diperlukan agar kapasitas energi maksimum dapat tercapai. Dalam hal ini tulangan transversal berfungsi untuk :

1. Menahan gaya geser sehingga dapat mencapai kapasitas lentur
2. Menjamin kapasitas rotasi pada daerah sendi plastis, yaitu dengan :
 - mengekang beton pada daerah tekan sehingga mampu meningkatkan deformasi batas dan kekuatan lekatnya.
 - memberikan dukungan lateral bagi tulangan longitudinal sehingga tekuk dapat dihindarkan.

- Contoh Perhitungan

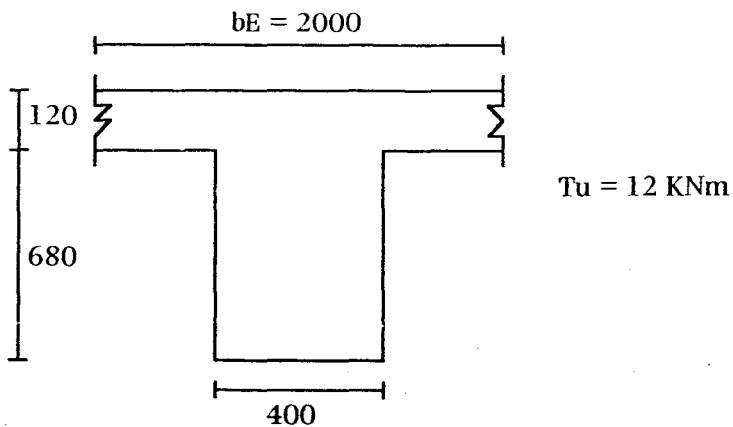
$$\begin{aligned}
 V_{u,b} &= 0.7 \left[\frac{M_{kap} + M_{kap}'}{l_n} \right] + 1.05 V_g \\
 &= 0.7 \left[\frac{1449.006 + 712.754}{7.8} \right] + 260.121 \\
 &= 454.125 \text{ KN}
 \end{aligned}$$



Gambar.7.6. Gaya Geser pada Penampang Kritis dan Daerah Sendi Plastis

- Di dalam daerah sendi plastis

- Cek kuat Torsi



Gambar 7.7. Perhitungan Konstanta Torsi Balok Interior

$$\begin{aligned}
 \Sigma x^2 y &= 400^2 \cdot 680 + 2000^2 \cdot 120 \\
 &= 588800000 \text{ mm}^3 \longrightarrow \text{menentukan}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma x^2 y = 400^2 \cdot 800 + 2 (800)^2 \cdot 120$$

$$= 281600000 \text{ mm}^3$$

$$T_{u\text{limit}} = \frac{1}{20} \phi \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y$$

$$= \frac{1}{20} 0,6 \sqrt{24,61} \cdot 58800000$$

$$= 87628396.15 \text{ Nmm}$$

$$= 87.628 \text{ kNm} > T_u = 12 \text{ kNm}$$

Jadi torsi diabaikan !

$$V_{u,b \text{ pakai}} = 66.117 + \frac{(7800 - 735,5)}{7800} (454.125 - 66.117)$$

$$= 417.538 \text{ KN}$$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{V_{ub}}{\phi} = \frac{417.538}{0.6} = 695.896 \text{ KN}$$

dipakai sengkang ϕ 12 mm ($A_s = 113 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{2 (113)(320)(735,5)}{695.896}$$

$$= 74.436 \text{ mm} < \frac{d}{4} = 183,75 \text{ mm}$$

pasang sengkang ϕ 12 - 75 mm

- Di luar daerah sendi plastis

$$V_c = \left(\sqrt{\frac{f_c'}{6}} \right) b_w d$$

$$= \left(\sqrt{\frac{24,61}{6}} \right) 400 \cdot 735,5$$

$$= 243246,85 \text{ N}$$

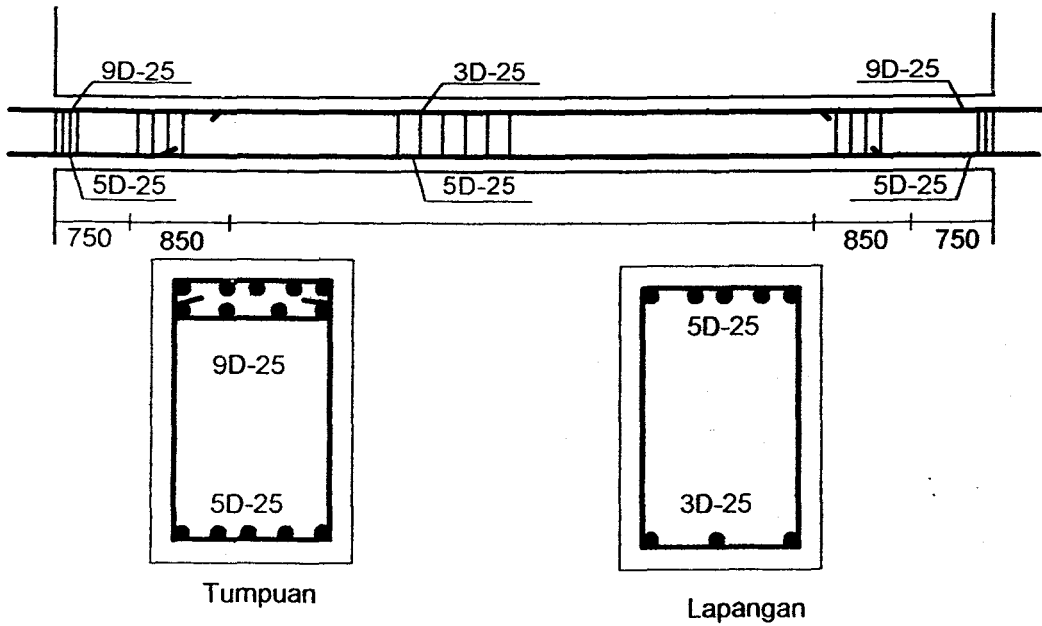
$$V_{ub} = 66.117 + \frac{(7800 - 1600)}{7800} (454.125 - 66.117)$$

$$= 374.534 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{374.534}{0,6} - 243246,85 = 380976.483 \text{ N}$$

$$s = \frac{2(113)(320)(735,5)}{380976.483} = 139.618 \text{ mm} < \frac{d}{2} = 367,75 \text{ mm}$$

pasang sengkang ϕ 12 - 135 mm



Gambar 7.8. Sket Penulangan Balok Induk

7.1.2. PENULANGAN BALOK EKSTERIOR

Pada prinsipnya, perhitungan penulangan balok eksterior sama dengan balok interior, tetapi ada perbedaan dalam perhitungan besarnya momen torsi. Untuk balok eksterior, torsi yang bekerja selain diperoleh dari hasil analisa struktur, juga menerima momen torsi persatuan panjang akibat pelat yang menumpunya, karena desain pelat dimodelkan terjepit elastis.

Besarnya momen torsi yang bekerja pada balok eksterior akibat pelat tersebut secara kasar dapat didekati sebesar momen pengekang sepanjang tepi luar pelat, yaitu sebesar $\frac{1}{24} q_{ul}^2$ persatuan panjang seperti yang diberikan oleh ACI-8.3.3. Momen torsi terbesar adalah pada daerah tumpuan (sisi kolom) dan menurun secara linier sampai nol pada tengah bentang.

Sebagai contoh perhitungan balok eksterior diberikan balok induk lantai 1 portal A as 3-4, dengan data-data mengenai dimensi balok, mutu bahan dan ukuran tulangan yang sama dengan balok interior.

7.1.2.1. Penulangan Lentur

Dengan cara yang sama pada perhitungan balok interior, diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Tumpuan Kiri

$$- Mu (-) = - 4891000000 \text{ Nmm} \rightarrow A_{s_{\text{perlu}}} = 2771.092 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 6 D-25 ($A_s = 2945 \text{ mm}^2$)

$$- \text{Tulangan (+)} \rightarrow A_{s_{\text{perlu}}} = 1423.928 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 3 D-25 ($A_s = 1473 \text{ mm}^2$)

b. Lapangan

$$- Mu (+) = 1087000000 \text{ Nmm} \rightarrow A_{s_{\text{perlu}}} = 1287 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai = 2 D-25 ($A_s=982 \text{ mm}^2$)

- Tulangan (-) pakai 2 D-25 ($A_s = 985 \text{ mm}^2$)

7.1.2.2. Penulangan Geser dan Torsi

- $T_u = 18 \text{ kNm}$

- $M_{\text{kap}} (-) = 777316498.8 \text{ Nmm}$

- $M_{\text{kap}} (+) = 430037341.8 \text{ Nmm}$

- Perhitungan besarnya momen torsi akibat pelat

- $q_u = 935.2 \text{ kg/m}^2$ - $l_x = 8 \text{ m}$

- $l_n = 7.8 \text{ m}$ - $l_y = 8 \text{ m}$

Momen pengekang sepanjang tepi balok adalah sebesar :

$$M_u = \frac{1}{24} q_u l_x^2$$

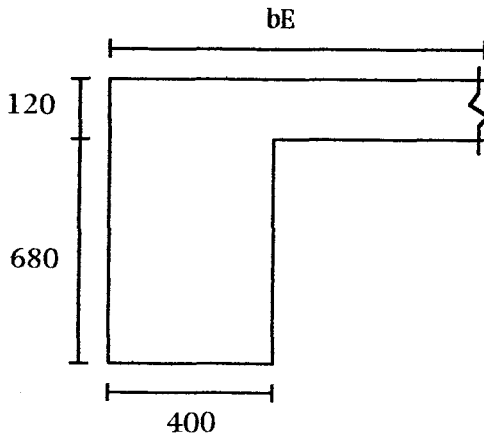
$$= \frac{1}{24} (935.2) (8)^2 = 2557.867 \text{ kgm}$$

$$T_u = \frac{1}{2} l_n M_u$$

$$= \frac{1}{2} (7.8) (2557.867) = 99.757 \text{ kNm}$$

$$T_{u_{\text{total}}} = 99.757 + 18 = 117.757$$

- Cek kuat torsi



Gambar 7.9. Perhitungan Konstanta Torsi Balok Eksterior

$$\Sigma x^2 y = 400^2 \cdot 800 + 667^2 \cdot 120$$

$$= 181386680 \text{ mm}^3$$

$$\Sigma x^2 y = 400^2 \cdot 680 + 1067^2 \cdot 120$$

$$= 245418680 \text{ mm}^3 \longrightarrow \text{menentukan}$$

$$T_{u\text{batas}} = \frac{1}{20} \phi \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y$$

$$= \frac{1}{20} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{24,61} \cdot 245418680 = 36524533,48 \text{ Nm}$$

$$= 36,8306 \text{ kNm} < T_u = 117,757 \text{ kNm}$$

Jadi torsi harus diperhitungkan !

- Gaya Geser Rencana

$$V_{u,b} = 0,7 \left[\frac{M_{\text{kap}} + M_{\text{kap}'}}{l_n} \right] + 1,05 V_g$$

$$= 0,7 \left[\frac{777,316 + 430,037}{7,8} \right] + 139,686$$

$$= 248,038 \text{ kN}$$

- Daerah Sendi Plastis

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 224.887 \text{ KN}$$

$$C_t = \frac{bw d}{\Sigma x^2 y} = \frac{400 \times 735,5}{245418680} = 0.0012$$

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{24,61} 245418680}{\sqrt{1 + \left[\frac{0,4 \times 224887}{0,0012 \times 117757000} \right]^2}} = 68472241.83 \text{ N}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_s}{\alpha_t x_1 y_1 f_y}$$

dimana :

$$- x_1 = 400 - 2 (40 + 6) = 308 \text{ mm}$$

$$- y_1 = 800 - 2 (40 + 6) = 708 \text{ mm}$$

$$- \alpha_t = \frac{1}{3} \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) = \frac{1}{3} \left(2 + \frac{708}{308} \right)$$

$$= 1,432 < 1,5 \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

$$- T_s = T_n - T_c$$

$$= \frac{117757000}{0,6} - 68472241.83$$

$$= 127789424.9 \text{ N}$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{127789424.9}{1,4323 \times 308 \times 708 \times 320} = 1.279 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$V_c = 0 \longrightarrow V_s = \frac{V_{u,b}}{\phi} = \frac{224887}{0,6} = 374811.667 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y d}$$

$$= \frac{374811.667}{320 \times 735.5} = 1.593$$

$$\frac{A_{vt}}{S} = \frac{A_v}{S} + \frac{2 A_t}{S}$$

$$= 1.593 + 2 (1.279) = 4.151$$

pakai sengkang ϕ 12 mm

$$A_{vt} = 2 (113) = 226 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{vt}}{S} = 4.151 \rightarrow S = \frac{226}{4.151} = 54.444 \text{ mm} < \frac{d}{4} = 183.875 \text{ mm Ok !}$$

digunakan sengkang ϕ 12 - 80 mm

- Hitung Tulangan Memanjang Torsi

$$A_{l1} = 2 \frac{A_t}{S} (x_1 + y_1)$$

$$= 2 \times 1.279 (308 + 708)$$

$$= 2598.928 \text{ mm}^2$$

$$A_{l2} = \left[\frac{2.8 \times S}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} \right] - 2 A_t \right] \left[\frac{x_1 + y_1}{S} \right]$$

$$= \left[\frac{2.8 \times 400 \times 50}{320} \left[\frac{11757000}{11757000 + \frac{255880}{3 \times 0.0012}} \right] - 140.650 \right] [308 + 708]$$

$$= -124306.320 \text{ mm}^2$$

Al dipilih yang terbesar tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$A_{l3} = \left[\frac{2.8 \times S}{f_y} \left[\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} \right] - \frac{b_w S}{3 f_y} \right] \left[\frac{x_1 + x_2}{S} \right]$$

$$= (75.454 - 20.833) (20.32)$$

$$= 1109.894 \text{ mm}^2$$

Jadi Al perlu = 1109.894 mm²

- Pemasangan Tulangan

Tulangan torsi longitudinal Al disebarkan pada empat bagian balok (sisi atas, 2 x sisi tengah, dan sisi bawah), kemudian ditambahkan pada penulangan lentur balok induk seperti di atas.

- Design Akhir Balok Induk pada Tumpuan Kiri

- Tulangan Atas

$$As_{total} = As_{lentur} + 0,25 A_l$$

$$= 2945 + 277 = 3222 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 7 D-25 ($As = 3436 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Tengah

$$As_{perlu} = 0,5 A_l = 2 \times 277 \text{ mm}^2 = 554 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan praktis 4 D-14 ($As_{ada} = 616 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Bawah

$$As_{perlu} = As_{lentur} + 0,25 A_l$$

$$= 1473 + 277 = 1750 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 4 D-25 ($As_{ada} = 1963 \text{ mm}^2$)

- Daerah Luar Sendi Plastis

$$V_u \text{ pakai} = 203.586 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} T_u \text{ pakai} &= \left[\frac{7800 - 1600}{7800} \right] (117.757 - 18) + 18 \\ &= 97.294 \text{ KN} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama pada daerah sendi plastis diperoleh hasil :

$$\frac{A_t}{s} = 0,957 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b w d$$

$$= \left(\frac{\sqrt{24,61}}{6} \right) 400 \times 735,5 = 243246,85 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{203586}{0,6} - 243246,85 = 96063,15 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{96063,15}{320 \times 735,5} = 0,408 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_v}{S} + \frac{2 A_t}{S} = 0,408 + 2 \times 0,957 = 2,322 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$S = \frac{226}{2,322} = 97,330 \text{ mm}$$

Pakai sengkang ϕ 12-95 mm

Untuk tulangan longitudinal diambil sama dengan pada daerah sendi plastis, yaitu $A_l \text{ perlu} = 227 \text{ mm}^2$

Selanjutnya untuk penulangan geser - torsi pada balok induk dapat dilihat pada tabel terlampir.

7.1.3. KONTROL LENDUTAN DAN RETAK

Kontrol lendutan dan kontrol retak pada balok induk adalah sama caranya dengan kontrol lendutan dan retak pada balok anak.

- Kontrol Lendutan

SKSNI '91 menyatakan bahwa bila tinggi balok lebih besar dari pada tinggi minimum seperti yang disyaratkan dalam tabel 3.2.5(a), maka lendutan tidak perlu dihitung.

Dalam perencanaan struktur ini tinggi balok induk diambil sebesar 800 mm, yang ternyata lebih besar dari tinggi minimum balok yang disyaratkan tersebut. Jadi lendutan tidak perlu dikontrol.

- Kontrol Retak

SKSNI '91 pasal 3.3.6.4 menyebutkan bahwa apabila tegangan leleh rancang (f_y) untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh :

$$z = f_s \sqrt[3]{dc A} \dots \dots \dots \text{SKSNI '91 pers 3.3.4}$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 Mn/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh yang disyaratkan, f_y .

7.1.4. PANJANG PENYALURAN BALOK INDUK

Perhitungan panjang penyaluran untuk balok induk adalah sama persis dengan perhitungan panjang penyaluran pada balok anak untuk tulangan D-25.

7.2 KOLOM

Dalam SK-SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.4.1 disebutkan bahwa untuk komponen struktur dengan beban lentur dan aksial tekan (kolom) harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang ≥ 300 mm.

(Ps. 3.14.4.1.1)

- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya $\geq 0,4$.

(Ps. 3.14.4.1.2)

- Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek ≤ 25 . Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya ≤ 16 .

(Ps. 3.14.4.1.3.)

7.2.1. Perencanaan Terhadap Beban Lentur dan Gaya Aksial.

Kuat lentur kolom portal harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, yaitu :

$$\Sigma M_{U,K} \geq 0,7 \omega_d \Sigma M_{kap,b} \quad \dots\dots\dots \text{SNI (3.14-1)}$$

tetapi dalam segala hal :

$$\Sigma M_{U,K} \leq 1,05 (M_{D,K} + M_{L,K} + \frac{4}{K} M_{E,K}) \quad \dots\dots\dots \text{SNI (3.14-2)}$$

dimana :

$M_{D,K}$: momen pada kolom akibat beban mati

$M_{L,K}$: momen pada kolom akibat beban hidup

$M_{E,K}$: momen pada kolom akibat beban gempa dasar

(tanpa faktor pengali tambahan)

K : faktor jenis struktur

ω_D adalah koefisien pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.

Dapat diambil nilai $\omega_D = 1,3$, kecuali untuk kolom lantai dasar dan lantai paling atas yang mengijinkan terjadinya sendi plastis pada kolom nilai ω_D diambil sama dengan 1,0 (PB '89 A.4.2.2 (A-2)).

Nilai $\Sigma M_{kap,b}$ harus merupakan nilai terbesar dari kombinasi $M_{kap,b}$ (+) dan $M_{kap,b}$ (-) di kiri dan kanan joint yang dihitung bolak-balik untuk arah x maupun y. Dalam hal ini dilakukan ekstrapolasi linier terlebih dahulu untuk menentukan nilai momen kapasitas balok pada pusat joint, yang dihitung dari muka joint sebelah kiri maupun kanan.

$$M_{kap,b} (+) \text{ pusat joint} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b} (+) \text{ muka joint}$$

$$M_{kap,b} (-) \text{ pusat joint} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b} (-) \text{ muka joint}$$

Dimana L_b dan L_{nb} masing-masing adalah bentang balok dari as ke as dan bentang bersih dari balok yang berada di sebelah kiri maupun kanan dari joint yang ditinjau.

Jadi nilai $\Sigma M_{kap,b}$ di setiap lantai - i adalah :

$$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma M_{kap,b} \text{ yang terbesar pada pusat joint.}$$

$$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma (M_{kap,b} (+) + M_{kap,b} (-))$$

Apabila kekakuan relatif dari unsur-unsur yang bertemu di setiap joint diperhitungkan, maka besarnya nilai $\Sigma M_{U,K}$ di ujung atas dan ujung bawah kolom pada setiap lantai - i untuk masing-masing arah x dan y adalah :

- Ujung atas lantai - i :

$$\Sigma M_{U,K} \geq 0,7 \frac{h}{h_n} \alpha_{k\alpha} \Sigma M_{kap,b} (i + 1)$$

- Ujung bawah lantai - i :

$$\Sigma M_{U,K} \geq 0,7 \omega_D \frac{h}{h_n} \alpha_{kb} \Sigma M_{kap,b} (i)$$

Nilai faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau, α_k adalah :

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,k \text{ lt } (i) \text{ atas}}}{M_{E,k \text{ lt } (i) \text{ atas}} + M_{E,k \text{ lt } (i+1) \text{ bawah}}}$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,k \text{ lt } (i) \text{ bawah}}}{M_{E,k \text{ lt } (i) \text{ bawah}} + M_{E,k \text{ lt } (i-1) \text{ atas}}}$$

Dimana h dan h_n masing-masing adalah tinggi kolom diukur dari as ke as dan tinggi bersih kolom tersebut. Nilai $\frac{h}{h_n}$ diperlukan untuk menentukan $M_{E,k}$ pada pusat joint dengan cara ekstrapolasi linier.

Untuk kolom struktur daktail penuh harus direncanakan dengan gaya aksial rencana $N_{u,k}$ sebagai berikut :

$$N_{u,k} = \frac{0,7 R_v \Sigma M_{kap,b}}{L_b} + 1,05 N_{g,k}$$

dimana :

R_v : faktor reduksi yang dihitung dari :

$$- R_v = 1,0 \quad \text{untuk } 1 < n \leq 4$$

$$- R_v = 1.1 - 0.025 \quad \text{untuk } 4 < n \leq 20$$

$$- R_v = 0.6 \quad \text{untuk } n > 20$$

dalam hal ini n adalah jumlah lantai tingkat di atas kolom yang ditinjau.

Tetapi dalam segala hal :

$$N_{u,k} \leq 1.05 \left(N_{g,k} + \frac{4.0}{K} N_{E,k} \right)$$

dimana :

L_b : bentang balok, diukur dari pusat joint

$N_{g,k}$: gaya aksial akibat beban gravitasi

$N_{E,k}$: gaya aksial akibat beban gempa pada pusat joint

Nilai faktor reduksi R_v dipakai karena momen kapasitas balok tidak mungkin terjadi secara menyeluruh dan atau pada saat yang bersamaan.

- Penulangan Lentur Kolom

Penulangan lentur kolom didasarkan pada beban aksial dan momen yang bekerja pada elemen kolom.

- Perhitungan Kelangsingan Kolom

Rumus :

$$k \frac{L_u}{r}$$

dimana :

k : faktor panjang efektif

r : radius girasi, pada komponen struktur tekan persegi boleh diambil sama dengan 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau, dan sama dengan 0,25 kali diameter untuk komponen struktur tekan bulat. (SNI 3.3.11.2(1))

L_u : tinggi bersih dari komponen struktur tekan.

Berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 3.3.11.2(1-2), komponen struktur tekan dibedakan menjadi dua :

- Struktur dengan pengaku (Braced Frame) :

faktor panjang efektif k harus diambil sama dengan 1, kecuali bila analisis menunjukkan bahwa suatu nilai yang lebih kecil boleh digunakan.

- Struktur tanpa pengaku (Unbraced Frame) :

faktor panjang efektif k harus ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari keretakan dan tulangan terhadap kekakuan relatif dengan bantuan monogram (grafik alignment) dengan prosedur pemakaian grafik sebagai berikut :

$$\psi = \frac{\frac{\sum EI}{L_{\text{kolom-kolom atas}}}}{\frac{\sum EI}{L_{\text{balok-balok}}}}$$

- untuk perletakan sendi $\psi = 10$
- untuk perletakan jepit $\psi = 1$
- untuk tumpuan atas (ψ_A) dan bawah (ψ_B)

Dari kedua nilai ψ di atas dihubungkan, maka akan didapat nilai k .

- Batasan Perbandingan Kelangsingan

Pengaruh kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi syarat berikut (SK-SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11.4) :

a. Portal dengan pengaku :

$$\frac{k L_u}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

b. Portal tanpa pengaku :

$$\frac{k L_u}{r} < 22$$

dengan :

$$|M_{1b}| < |M_{2b}|$$

$\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ bernilai positif untuk kelengkungan tunggal

- Bila bidang momen lentur mempunyai momen maksimum tidak pada ujung,

maka nilai $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ diambil =1

- Juga bila pada kedua ujung tidak ada / tidak diketahui besar momennya, nilai

$\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ diambil =1

- Perhitungan Kolom Pendek

a. Bila kolom kena beban konsentris untuk ($e < 0,10 h$) persyaratan :

$$P_n \geq \frac{P_u}{\phi} \dots \dots \dots (1)$$

Dari pasal 10.3.5.2 (dengan tulangan spiral) :

$$P_{n \max} = 0,85 [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \dots \dots \dots (2)$$

Dari kedua persyaratan di atas (1 dan 2) di dapat design A_{st} yang dibutuhkan.

b. Kolom dengan $e < e_{\min}$

hitung :

$$\frac{P_n}{f_c A_g} \quad \text{dan} \quad \frac{M_n}{f_c' A_g h}$$

Dari diagram interaksi yang diperoleh ρ yang diperlukan

- Perhitungan Kolom Panjang (Bahaya Tekuk)

Untuk komponen struktur tekan dimana pengaruh kelangsingan tidak boleh diabaikan dan $\frac{k L_u}{r} < 100$, struktur tersebut boleh diperhitungkan dengan metode pembesaran momen pada pasal 3.3.11.1 SK-SNI T-15-1991-03.

- Metode Pembesaran Momen**a. Untuk braced frame**

Rumus :

$$M_c = \delta_b (M_{2b} + M_{2s})$$

$$M_c = \delta_b M_u$$

Catatan :

- Pada braced frame tidak perlu dipisahkan antara momen yang menimbulkan "sideway" atau tidak.

b. Untuk unbraced frame

Rumus :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s}$$

dengan :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum M_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0$$

C_m = faktor pembesaran momen, nilainya adalah sebagai berikut (pasal 3.3.11.5.3.) :

a. Portal dengan pengaku :

- dengan beban transversal :

$$C_m = 1$$

- momen-momen ujung saja :

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4$$

b. Portal tanpa pengaku :

$$C_m = 1$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan (berharga 0,65)SK-SNI ps 3.2.3.2.2b

P_u = beban aksial berfaktor

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k L_u)^2}$$

Pengertian ΣP_c dan ΣP_u adalah penjumlahan dari harga P_c dan P_u semua dalam satu tingkat.

Ketentuan mencari faktor kekakuan EI (pasal 3.3.11.5.2.) :

$$EI = \frac{0.2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta_d} \quad \text{atau}$$

$$EI = \frac{0.4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

pilih yang terbesar.

Bila dalam design awal dimana tulangan belum dipilih atau terpasang, harga EI bisa diambil sebagai berikut :

$$EI = \frac{0.5 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \left| \frac{\text{Momen beban mati berfaktor}}{\text{Momen beban total berfaktor}} \right|$$

Batasan minimum untuk nilai momen ini adalah :

$$M_u = P_u e_{\min}$$

dengan :

$$e_{\min} = (15 + 0,3 h) \text{ mm}$$

- Menentukan Luas Tulangan

1. Hitung P_n perlu :

$$P_n = \left(\frac{P_u}{\phi} \right) \leq P_n \text{ max}$$

dengan :

- untuk tulangan spiral :

$$P_{n,\max} = 0,85 [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

- untuk tulangan sengkang :

$$P_{n,\max} = 0,80 [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

2. Hitung M_n perlu hasil pembesaran :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$e_{\min} = \frac{M_n}{P_n}$$

syarat minimum eksentrisitas :

$$e_{\min} = (15 + 0,3 h) \text{ mm}$$

3. Berdasarkan nilai-nilai :

$$\frac{P_n}{f'_c A} \text{ dan } \frac{M_n}{f'_c A h}$$

Diperoleh harga ρ tulangan lentur yang dicari dengan bantuan diagram interaksi M - N.

4. Luas tulangan perlu :

$$A_{st} = \rho A_g$$

- Kontrol Momen Biaksial

Untuk kontrol momen biaksial ini digunakan metode pendekatan dari Bressler, dengan persamaan :

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_{Ox}} + \frac{1}{P_{Oy}} - \frac{1}{P_O}$$

dimana :

P_{Ox} = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas

P_{Oy} = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas

P_O = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

$$= 0,8 \phi [f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Nilai P_{Ox} dan P_{Oy} diperoleh dari diagram interaksi M - N non dimensi. Dengan mengetahui nilai $\frac{ex}{h}$ dan $\frac{ey}{h}$ terlebih dahulu akan didapatkan sumbu ordinatnya (nilai k) sehingga P_{Ox} dan P_{Oy} akan didapat dari persamaan tersebut, dengan memasukkan harga k :

$$P_{Ox} = k A_g f_c' \quad : \quad P_{Oy} = k A_g f_c'$$

Sebagai contoh perhitungan diambil kolom lantai 1 C - 5

- Data Perencanaan :

- Ukuran kolom = 80 x 80 cm

- h_l = 4,0 m

- h_{ln} = 3,2 m

- Mutu beton = K-300 $\rightarrow f_c' = 24,61$ MPa

- Mutu baja tul. = U-39 $\rightarrow f_y = 390$ MPa

- Decking (dc) = 7 cm

- Tulangan utama = D-28 $\rightarrow d' = 7 + 1,2 + 1,4 = 9,6$ cm

- Begel = $\phi - 12$

- $\frac{d'}{h} = \frac{9,6}{80} \approx 0,12$

- Jari² girasi (r) = 0,3 h = 0,3 x 80 = 24 cm

- Ukuran balok = 40 x 80 cm , $f_c' = 24,61$ MPa

- EI balok (E_{Ib}) = $0,5 \times 4700 \sqrt{24,61} \times 400 \times 800^3 \times \frac{1}{12}$
 $= 1,9896 \times 10^{14}$ N-mm²

- EI kolom (E_{Ic}) = 0,3 E_c I_g (pendekatan)
 $= 0,3 \times 4700 \sqrt{24,61} \times 800^4 \times \frac{1}{12}$
 $= 2,38755 \times 10^{14}$ N-mm²

- Gaya-gaya dalam kolom :

Arah - X :

$l_{ki} = 8,0$ m

$l_{n\ ki} = 7,2$ m

- (atas)

- (bawah)

$$M_{\text{kap,b ki (-)}} = 1570 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ki (-)}} = 1570 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ki (+)}} = 713 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ki (+)}} = 713 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ka (-)}} = 1450 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ka (-)}} = 1450 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ka (+)}} = 713 \text{ KN-m}$$

$$M_{\text{kap,b ka (+)}} = 713 \text{ KN-m}$$

Analisa Momen Rencana Kolom :

$$M_{u, \text{ka}} = 0,7 \omega_d \frac{h}{h_n} \alpha_{\text{ka}} \Sigma M_{\text{kap,b (i+1)}}$$

$$M_{u, \text{kb}} = 0,7 \omega_d \frac{h}{h_n} \alpha_{\text{kb}} \Sigma M_{\text{kap,b (i)}}$$

$$\alpha_{\text{kb}} = \frac{M_{\text{E,kb lt (i)}}}{M_{\text{E,kb lt (i)}} + M_{\text{E,ka lt (i-1)}}}$$

$$\alpha_{\text{ka}} = \frac{M_{\text{E,ka lt (i)}}}{M_{\text{E,ka lt (i)}} + M_{\text{E,kb lt (i-1)}}}$$

Arah - x :

$$\Sigma M_{\text{kap,b atas}} = \frac{8,0}{7,2} (572) + \frac{8,0}{7,2} (1320)$$

$$= 2102.222 \text{ KN-m}$$

$$\Sigma M_{\text{kap,b bwh}} = \frac{8,0}{7,2} (572) + \frac{8,0}{7,2} (1320)$$

$$= 2102.222 \text{ KN-m}$$

$$\alpha_{\text{kb}} = \frac{445.4}{445.41 + 274.6} = 0,619$$

$$\alpha_{\text{ka}} = \frac{264.5}{264.5 + 374.6} = 0,414$$

$$M_{u,ka} = \frac{4}{3,2} (0,7) (1,3) (0,414) (2102,2 + 0,3 (2536,7))$$

$$= 1348,128 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,kb} = \frac{4}{3,2} (0,7) (1,3) (0,619) (2102,1 + 0,3 (2536,7))$$

$$= 2014,764 \text{ KN-m}$$

Arah - y :

$$\Sigma M_{kap,b \text{ atas}} = \frac{8,0}{7,2} (713) + \frac{8,0}{7,2} (1570)$$

$$= 2536,667 \text{ KN-m}$$

$$\Sigma M_{kap,b \text{ bawah}} = \frac{8,0}{7,2} (713) + \frac{8,0}{7,2} (1570)$$

$$= 2536,667 \text{ KN-m}$$

$$\alpha_{ka} = \frac{249,8}{249,8 + 313,3} = 0,444$$

$$\alpha_{kb} = \frac{390,5}{390,5 + 225,11} = 0,634$$

$$M_{u,ka} = \frac{4}{3,2} (0,7) (1,3) (0,444) (2536,7 + 0,3 (2102,2))$$

$$= 1598,27 \text{ N-m}$$

$$M_{u,kb} = \frac{4}{3,2} (0,7) (1,3) (0,634) (2536,7 + 0,3 (2102,2))$$

$$= 2285,428 \text{ KN-m}$$

Momen lentur yang terjadi tidak perlu lebih besar dari :

$$M_{u,k} = 1,05 (M_d + M_l + (\frac{4}{K}) M_E) \rightarrow K = 1$$

$$M_{u,kx} = 1576,260 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,ky} = 1377.915 \text{ KN-m}$$

Jadi dipakai $M_{u,kx} = 1576.260 \text{ KN-m}$ dan $M_{u,ky} = 1377.915 \text{ KN-m}$

Analisa Gaya Aksial Rencana Kolom :

$$N_{u,k} = \frac{0,7 R_v \Sigma M_{kap,b}}{L_b} + 1,05 N_{g,k}$$

$$R_v = 1,1 - 0,025n = 1,1 - 0,25 \times 6 = 0,95$$

$$\frac{\Sigma M_{kap,b}}{L_b} = \frac{\Sigma M_{kap,b} \text{ pada pusat joint}}{L_b \text{ as ke as}}$$

$$= \frac{\Sigma M_{kap,b} \text{ muka tumpuan}}{L_{netto}}$$

$$\frac{\Sigma M_{kap,b-x}}{L_b} = \left(\frac{1320 + 572}{7,2} \right) - \left(\frac{933 + 430}{7,2} \right)$$

$$= 73.472 \text{ KN-m}$$

$$\frac{\Sigma M_{kap,b-y}}{L_b} = \left(\frac{1570 + 713}{7,2} \right) - \left(\frac{1450 + 713}{7,2} \right)$$

$$= 16.667 \text{ KN-m}$$

$$N_{u,k-x} = 7327.7 + (0,7) (0,95) [73.472 + 0,3 (16.667)]$$

$$= 7427.884 \text{ KN}$$

$$N_{u,k-y} = 7327.4 + (0,7) (0,95) [0,3 (73.472) + 16.667]$$

$$= 7398.441 \text{ KN}$$

Gaya aksial yang terjadi pada kolom tidak perlu lebih besar dari :

$$N_u = 1,05 (N_d + N_L + \left(\frac{4}{K} \right) N_E)$$

$$N_{u,kx} = 7999.425 \text{ KN}$$

$$N_{u,ky} = 7999.425 \text{ KN}$$

Jadi dipakai $N_{u,kx} = 7424.884 \text{ KN}$ dan $N_{u,ky} = 7398.441 \text{ KN}$

Kontrol kelangsingan kolom

Jenis kolom dalam perencanaan ini adalah kolom dengan pengaku samping (*braced frame*)

- nilai kelangsingan :

Pengaruh kelangsingan boleh diabaikan bila :

$$\frac{k L_u}{r} < 22$$

arah - x :

$$\frac{k L_u}{r} = \frac{1 \times 320}{24}$$

$$= 13,3 < 22 \quad \text{Ok !}$$

arah - y :

$$\frac{k L_u}{r} = \frac{1 \times 320}{24}$$

$$= 13,3 < 22 \quad \text{Ok !}$$

Jadi pengaruh kelangsingan diabaikan

- Penulangan Kolom Akibat M_{ux} dan N_{ux}

$$e_{\min} = (15 + 0,03 h)$$

$$= 15 + 0,03 \times 800 = 39 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_{ux}}{N_{ux}} = \frac{1576260000}{7424884}$$

$$= 212.294 \text{ mm} > e_{\min}$$

$$\frac{e}{h} = \frac{212.294}{800} = 0,265$$

$$K = \frac{N_u}{A_g 0,85 f_c'} = \frac{7424884}{(800)(800)(0,85)(24,61)} \\ = 0,555$$

$$K \frac{e}{h} = 0,555 \times 0,265 = 0,147$$

$$\frac{N_u}{A_g} = K \times 0,85 f_c' = 11,601$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = K \frac{e}{h} \times 0,85 f_c' = 3,078$$

dari diagram M - N non dimensi diperoleh nilai

$$\rho = 0,037$$

$$A_{st} = 0,037 \times 800 \times 704 = 20838,4 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 36 D - 28 ($A_s = 22167 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Kolom Akibat M_{uy} dan N_{uy}

$$e_{\min} = (15 + 0,03 h)$$

$$= 15 + 0,03 \times 800 = 39 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_{uy}}{N_{uy}} = \frac{1377915000}{7398441}$$

$$= 186.244 \text{ mm} > e_{\min}$$

$$\frac{e}{h} = \frac{186.244}{800} = 0,233$$

$$K = \frac{N_u}{A_g \times 0,85 f_c'} = \frac{7398441}{(800)(800)(0,85)(24,61)}$$

$$= 0.553$$

$$K \frac{e}{h} = 0.129$$

$$\frac{N_u}{A_g} = K \times 0,85 f_c' = 11.56$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = K \frac{e}{h} \times 0,85 f_c' = 2.691$$

dari diagram M - N non dimensi diperoleh nilai

$$\rho = 0,031$$

$$A_{st} = 0,031 \times 800 \times 704 = 17459.2 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan 32 D - 28 ($A_s = 19712 \text{ mm}^2$)

Dari dua hasil perhitungan tersebut dipakai hasil terbesar yaitu tulangan arah x, maka tulangan terpasang adalah 36 D-28 ($A_s = 22167 \text{ mm}^2$).

Check dengan Metode Bressler :

$$P_o = 0,8 \omega [0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y]$$

$$= 0,8 \times 0.65 \times [0,85 \times 24,61 (800^2 - 22167) + 22167 \times 320]$$

$$= 10409141.4 \text{ N}$$

$$\frac{e_x}{h} = 0.265$$

$$\frac{e_y}{h} = 0.233$$

$$\rho = 0.037$$

dari diagram interaksi M - N non dimensi diperoleh :

$$K_x = \frac{11.780}{0.85 \times 24.61} = 0.563$$

$$K_y = \frac{12.480}{0.85 \times 24.61} = 0.597$$

$$P_{ox} = 0.563 \times 800^2 \times 0.85 \times 24.61 = 7537353.920 \text{ N}$$

$$P_{nx} = \frac{7537353.920}{0.65} = 11595929.11 \text{ N}$$

$$P_{oy} = 0.597 \times 800^2 \times 0.85 \times 24.61 = 7992540.48 \text{ N}$$

$$P_{ny} = \frac{7992540.480}{0.65} = 12296216.120 \text{ N}$$

$$\frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}$$

$$= \frac{1}{11595929.11} + \frac{1}{12296216.120} - \frac{1}{1049141.4}$$

$$p_{nb} = 17001210.92 \text{ N} > P_n = \frac{7424774}{0.65} = 11422898.46 \text{ N}$$

7.2.2. Perencanaan Terhadap Beban Geser

- Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana V_u harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k} + M_{u,kb}}{h_n} \quad (\text{SKSNI ps 3.14.7.1.2})$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1.05 \left(V_{d,k} + V_{l,k} + \frac{4}{K} V_{e,k} \right)$$

dimana :

$M_{u,ka}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka balok

$M_{u,kb}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok

h_n = tinggi bersih dari kolom yang ditinjau

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling atas yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom.

$$V_{u,k} \text{ lantai dasar} = \frac{M_{u,ka} \text{ lantai 1} + M_{kap,k} \text{ lantai 1}}{h_n}$$

$$V_{u,k} \text{ lantai atas} = \frac{1}{h_n} (2 \times M_{kap,k} \text{ lantai atas})$$

- Konsep Geser Nominal

$$V_n = V_c + V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi}$$

Nilai V_c diasumsikan = 0 untuk lokasi berpotensi sendi plastis. Untuk daerah di

luar sendi plastis kontribusi V_c tetap diperhitungkan (ps. 3.14.7.2.2.1 SKSNI)

dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b_w d \quad (\text{Pasal 3.4.3.2})$$

dengan

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Kuat geser yang dipikul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

- Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi (psl 3.14.4.4.2 SK-SNI T-15-1991-03)

- a. 1/4 dimensi komponen struktur terkecil
- b. < 8 kali diameter tulangan memanjang
- c. < 100 mm

Tulangan transversal ini dipasang sepanjang l_o dari muka yang ditinjau.

Panjang l_o tidak boleh kurang dari (psl 3.14.4.4.4. SK-SNI T-15-1991-03) :

- a. tinggi komponen dimensi struktur, untuk

$$N_{u,k} < 0,3 A_g f_c '$$
- b. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur, untuk

$$N_{u,k} > 0,03 A_g f_c '$$
- c. 1/6 bentang bersih dari komponen struktur
- d. 450 mm

Penulangan Geser Kolom**Analisa Gaya Geser Rencana Kolom**

$$M_{u,kx \text{ bawah}} = 2014.764 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,kx \text{ atas}} = 1348.128 \text{ KN-m}$$

$$V_{u,kx} = \frac{M_{u,ka} + M_{u,kb}}{h_n} = \frac{2014.726 + 1348.128}{3,2} = 1050.890 \text{ KN}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,k} = 1,05 \left(V_{d,k} + V_{l,k} + \frac{4}{K} V_{e,k} \right)$$

$$V_{u,kx} = 758.625 \text{ KN}$$

$$M_{u,ky} \text{ bawah} = 2285.428 \text{ KN}$$

$$M_{u,ky} \text{ atas} = 1598.27 \text{ KN}$$

$$V_{u,ky} = \frac{M_{u,kb} + M_{u,ka}}{h_n} = \frac{2285.428 + 1598.27}{3,2} = 1213.656 \text{ NK}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,ky} = 671.37 \text{ KN}$$

Check torsi minimum :

$$\begin{aligned} T_{u,min} &= \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_c}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right] \\ &= 0,6 \left[\left(\frac{\sqrt{24,61}}{20} \right) \times 800^2 \times 800 \right] \\ &= 76198605,31 \text{ Nmm} = 75,198 \text{ KN-m} = 7,520 \text{ t-m} \end{aligned}$$

Torsi yang terjadi :

$$T_u = 0,04 \text{ t-m}$$

jadi torsi diabaikan.

Untuk daerah ujung kolom yang akan terjadi sendi plastis (bawah kolom lantai dasar dan lantai paling atas), kemampuan beton menerima geser diabaikan. Sedangkan untuk daerah lain, kontribusi beton untuk menerima geser tetap diperhitungkan dengan rumus :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{\sqrt{f_c}}{6} b_w d \\ &= 2 \left(1 + \frac{7424884}{14 \times 800^2} \right) \frac{\sqrt{24,61}}{6} 800 \times 704 \\ &= 1703070.237 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 758625 \text{ N}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{758625}{0,6} = 1264375$$

Karena $\frac{V_u}{\phi} < V_c$ maka dipakai tulangan praktis

Pakai sengkang D.12 ($A_s = 113 \text{ mm}^2$)

jarak tulangan transversal maksimum :

$$- 800/4 = 200 \text{ mm}$$

$$- 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$- 100 \text{ mm}$$

Jadi di muka joint dipasang tulangan geser D.12 - 100 mm.

Tulangan transversal dipasang menerus ke dalam pondasi sampai pada jarak minimum 300 mm.

7.2.3. Desain Beam Column Joint

Dalam SK-SNI T-15-1991-03 disebutkan bahwa momen lentur gaya geser kolom serta gaya geser horisontal V_{jh} dan gaya geser vertikal V_{jv} yang melewati inti pertemuan balok kolom (beam column joint) harus dievaluasi dengan analisis rasional yang memperhitungkan seluruh pengaruh dari gaya-gaya yang membentuk kesetimbangan pada joint yang ditinjau (psl 3.14.6.1.1).

Gaya geser horisontal ditentukan dengan persamaan :

$$V_{jh} = (C_{ki} + T_{ka}) - V_{kol}$$

dengan :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}}$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka,n}} M_{kap,ka} \right)}{0,5 (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

Dalam hal ini diasumsikan bahwa tegangan di dalam tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$, ditulis :

$$T = 1,25 A_s f_y$$

sedangkan gaya geser vertikal V_{jv} dihitung sebagai berikut :

$$V_{jv} = \left(\frac{b_j}{h_c} \right) V_{jh}$$

Dalam hal ini lebar efektif joint (b_j) harus dihitung sebagai berikut :

1. Apabila $b_c > b_b$, maka b_j diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_j \leq b_c$$
$$\leq b_b + \frac{1}{2} h_c$$

2. Apabila $b_c < b_b$, maka b_j diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_j \leq b_b$$
$$\leq b_c + \frac{1}{2} h_c$$

Kontrol tegangan horisontal yang terjadi :

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j h_c} \leq 1,5 \sqrt{f_c}$$

Dalam hal perhitungan di atas nilai V_{jh} tidak boleh melebihi $1,5 \sqrt{f_c}$, sehingga tidak terjadi keruntuhan tekan beton di dalam inti joint.

Gaya geser horisontal V_{jh} diteruskan melewati joint dengan dua jenis mekanisme, yaitu sebagai berikut :

1. Strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint yang memikul geser V_{ch}
2. Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat diagonal beton daerah tarik joint yang memikul geser V_{sh} sehingga

$$V_{sh} + V_{ch} = V_{jh}$$

Geser yang dipikul beton (SK-SNI pasal 1.14.6.1.4.a) , yaitu nilai geser

V_{ch} yang dipikul oleh beton strat harus diambil sama dengan nol, kecuali :

1. Apabila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom beton di atas joint, (termasuk tegangan prategang bila ada) melebihi nilai $0,10 f_c'$, maka :

$$C_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\left(\frac{N_{n,k}}{A_g} \right) - 0,1 f_c' \right) b_j h_c}$$

2. Apabila seluruh balok pada joint dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada suatu jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left(1 + \frac{N_{n,k}}{0,4 A_g f_c'} \right)$$

dimana $\frac{A_s'}{A_s} \leq 1$

Apabila gaya aksial tarik pada kolom melebihi nilai $0,29 f_c'$, maka nilai V_{ch} didapat dari interpolasi linier antara nol sampai dengan nilai yang diberikan oleh persamaan di atas, dengan asumsi bahwa nilai $N_{n,k}$ sama dengan nol. Adapun nilai $N_{n,k}$ pada persamaan di atas dihitung dengan persamaan berikut :

$$N_{n,k} = \frac{N_{u,k}}{\phi}$$

dimana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan.

Untuk menentukan luas total efektif dari tulangan geser horisontal yang melewati bidang kritis diagonal dan yang diletakkan di daerah lebar joint efektif b_j adalah :

$$A_{jh} \geq \frac{V_{sh}}{f_y}$$

dimana :

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}$$

Tulangan geser horisontal A_{jh} ini merupakan sengkang-sengkang horisontal yang harus didistribusikan secara merata di antara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

Sedangkan tulangan geser vertikal dapat ditentukan dengan cara yang hampir sama, yaitu :

$$A_{jv} \geq \frac{V_{sv}}{f_y}$$

dimana :

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$$

Adapun kuat geser vertikal yang dipikul oleh beton dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{cv} = A_{sc} \cdot \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{n,k}}{A_g f_c'} \right)$$

Apabila terdapat tegangan aksial tarik pada seluruh penampang kolom yang bernilai kurang atau sama dengan $0,20 f_c'$, maka nilai V_{cv} harus diinterpolasi linier antara nilai yang diberikan oleh persamaan di atas sampai dengan nilai nol, dengan asumsi bahwa nilai $N_{n,k}$ sama dengan nol.

Sedangkan apabila diinginkan terjadi sendi plastis pada kolom di atas dan di bawah joint sebagai bagian dari mekanisme disipasi energi utama, maka

V_{cv} harus diambil sama dengan nol untuk seluruh nilai gaya aksial yang bekerja pada kolom.

Tulangan geser joint vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (intermediate bars) yang terletak pada bidang lentur antar ujung tulangan sisi luar atau terdiri dari sengkang pengikat vertikal atau tulangan vertikal khusus yang diletakkan dalam kolom dan harus dijangkarkan secukupnya untuk meneruskan gaya tarik yang disyaratkan ke dalam joint. Jarak antara tulangan joint vertikal pada tiap bidang balok yang menuju ke joint, tidak boleh melebihi 200 mm dan minimum terdapat satu batang tulangan kolom antara pada tiap sisi kolom.

Sedangkan tulangan balok yang berakhir di dalam suatu kolom harus diteruskan hingga sisi muka terjauh dari inti kolom terkekang dan mempunyai panjang penyaluran yang cukup.

sebagai contoh perhitungan diambil beam column joint pada kolom B-6 lantai I.

Data balok :

Arah - x

$$- M_{kap,b\ ki} = 1320 \text{ KN-m}$$

$$L_{ki} = 8 \text{ m} ; L_{ki,n} = 7,2 \text{ m}$$

$$- M_{kap,b\ ka} = 933 \text{ KN-mm}$$

$$L_{ka} = 8 \text{ m} ; L_{ka,n} = 7,2 \text{ m}$$

Arah - y

$$- M_{kap,b\ ki} = 1570 \text{ KN-m}$$

$$L_{ki} = 8 \text{ m} ; L_{ki,n} = 7,2 \text{ m}$$

$$- M_{kap,b \text{ ka}} = 1450 \text{ KN-mm}$$

$$L_{ka} = 8 \text{ m} ; L_{ka,n} = 7,2 \text{ m}$$

Data kolom :

$$h_{ka} = 4 \text{ m}$$

$$h_{kb} = 4 \text{ m}$$

Analisa gaya-gaya dalam joint :

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka,n}} M_{kap,ka} \right)}{0,5 (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

$$V_{kol-x} = \frac{0,7 \left(\frac{8}{7,2} 1320 + \frac{8}{7,2} 933 \right)}{0,5 (4 + 4)}$$

$$= 438.083 \text{ KN}$$

$$V_{kol-y} = \frac{0,7 \left(\frac{8}{7,2} 1570 + \frac{8}{7,2} 1450 \right)}{0,5 (4 + 4)}$$

$$= 587.222 \text{ kN}$$

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}}$$

$$C_{kix} = 0,70 = \frac{1320}{0,692} = 1335.260 \text{ KN}$$

$$C_{kiy} = 0,70 \frac{1570}{0,658} = 1665.563 \text{ KN}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap,ka}}{Z}$$

$$T_{kax} = 0.70 \frac{933}{0.658} = 992.553 \text{ KN}$$

$$T_{kay} = 0.70 \frac{1450}{0.692} = 1466.763$$

$$V_{jh-x} = 1335.260 + 992.553 - 438.083 = 1889.73 \text{ KN}$$

$$V_{jh-y} = 1665.563 + 1466.763 - 587.222 = 2545.104 \text{ KN}$$

Karena V_{jh-y} (2545.104 KN) > V_{jh-x} (1889.73 KN), maka yang menentukan adalah arah - y

- Kontrol tegangan horisontal yang terjadi

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j h_c} \leq 1.5 \sqrt{f_c'}$$

dengan lebar efektif pertemuan (b_j) diambil sebagai berikut :

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_b = 400 \text{ mm}$$

$$b_c > b_b \longrightarrow b_j = b_c = 700$$

$$b_j = b_b + 0.5 h_c$$

$$= 400 + 0.5 \times 800$$

$$= 800 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, yaitu $b_j = 800 \text{ mm}$

$$V_{jh} = \frac{2545.104}{800 \times 800} = 0.00398 \text{ MPa}$$

$$1.5 \sqrt{f_c'} = 1.5 \times \sqrt{24.61} = 7.44 > V_{jh}$$

OK!

- Penulangan geser horisontal

$$N_u = 7424.884 \text{ KN}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{7424.884 \times 10^3}{800 \times 800} = 11.601 \text{ MPa} > 0,1 f_c' = 2,46 \text{ MPa}$$

jadi V_{ch} dihitung menurut rumus :

$$\begin{aligned} V_{ch} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{n,k}}{A_g}\right) - 0,1 f_c'} b_j h_c \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{11.601 - 0,1 \times 24,61} \times 800 \times 800 \\ &= 1289917.138 \text{ N} \\ &= 1289.917 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{sh} &= V_{jh} - V_{jh} \\ &= 2545.104 - 1289.917 = 1255.187 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{jh} &= \frac{V_{sh}}{f_y} \\ &= \frac{1255.187}{320} = 3922.459 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan sengkang rangkap D.12 mm jarak 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sengkang} &= \frac{3922.459}{\left(4 \pi \frac{12^2}{4}\right)} \\ &= 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Penulangan vertikal

$$V_{jv} = \frac{h_c}{b_j} V_{jh}$$

$$= \frac{800}{800} (2545.104) = 2545.104 \text{ KN}$$

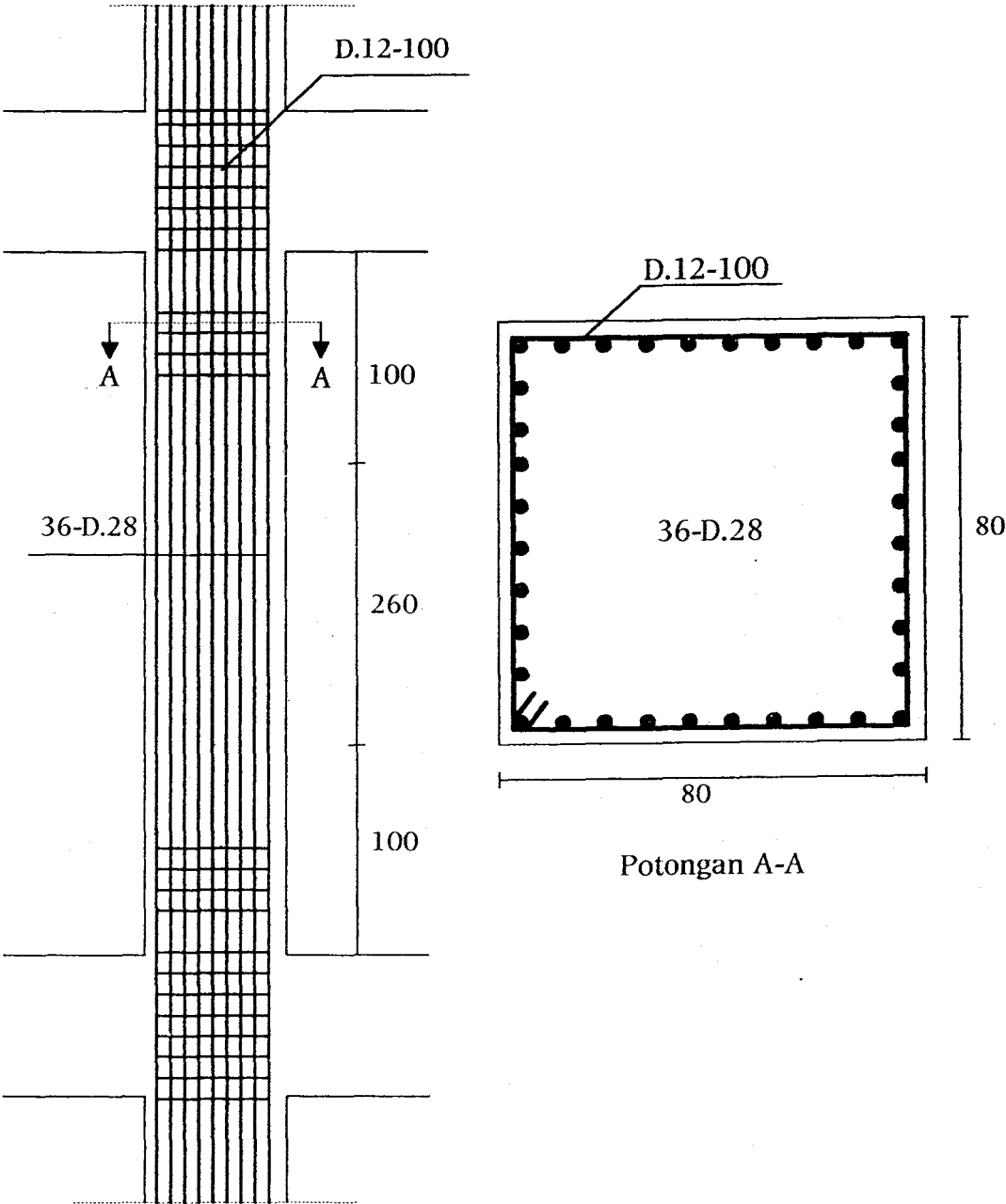
$$V_{cv} = A_{sc} \cdot \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left(0.6 + \frac{N_{n,k}}{A_g f_c'} \right)$$

$$= 2545.104 \left(0.6 + \frac{7424884}{800 \times 800 \times 24.61} \right)$$

$$= 2726877.927 \text{ N}$$

$$= 2726.877 \text{ KN} > V_{jv} = 2061.29 \text{ KN}$$

Jadi tidak perlu tulangan geser vertikal !



Gambar 7.10. Sket Penulangan Kolom

7.3. Dinding Geser (Shear Wall)

Shear wall dalam gedung sangat berguna dalam menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Shear wall merupakan bagian dari struktur utam yang mendukung kekauan struktur, sehingga penulis mengasumsikan shear wall sebagai shell dalam analisa dinamisnya.

Untuk shear wall dengan penampang persegi empat masif terdapat alternatif perancangan dengan metode empirik dengan syarat bila resultante dari seluruh beban berfaktor terletak di dalam daerah sepertiga tebal dinding total (SK-SNI T15-1991-03 ayat 3.7.5-1).

Sebagai contoh dilakukan perhitungan terhadap dinding geser lantai 1.

- Data dinding geser :

- tebal (h) = 30 cm

- panjang = 200 cm dan tinggi (h_w) = 490 cm

- mutu beton : f_c' = 25 MPa

- mutu baja tulangan : f_y = 320 MPa

- Gaya - gaya dalam yang bekerja :

- P_u = 832.88 ton = 8328800 N

- V_u = 109.36 ton = 1093600 N

- M_u = 273.4 ton = 2734000 N·m

- Kontrol tebal minimum

$$h_{\min} = \frac{1}{25} h_w$$

$$h_{\min} = \frac{1}{25} \times 490 = 19.6 \text{ cm.}$$

$$h = 30 \text{ cm} > h_{\min}$$

OK !

- Kontrol daya dukung dinding

SK-SNI 3.7.5-2

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f_c' A_g \left(1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right)$$

$$= 0,55 \times 0,7 \times 24,61 \times 300 \times 2000 \left(1 - \left(\frac{1 \times 5000}{32 \times 300} \right)^2 \right)$$

$$= 11338977.38 \text{ N} > P_u \quad \text{OK!}$$

- Kontrol kuat geser penampang SK-SNI 3.4. 10-3

$$\phi V_n = \phi \left(5 \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) h d$$

dimana :

$$d = 0,8 l_w$$

$$\phi V_n = 0,6 \times \frac{5}{6} \times \sqrt{24.61} \times 300 \times 0,8 \times 2000$$

$$= 2381206.417 \text{ N} > V_u \quad \text{OK!}$$

- Menentukan kuat geser beton (V_c) SK-SNI 3.4 10-6

Harus diambil nilai terkecil dari dua persamaan di bawah ini :

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4} \right) h d + \frac{P_u d}{4 l_w} \quad (\text{pers. 3.4-32})$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{24,61}}{4} \right) \times 300 \times 0,8 \times 4000 + \frac{8328800 \times (0,8 \times 2000)}{4 \times 2000}$$

$$= 2856363.209 \text{ N}$$

$$V_c = \left\{ \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} + 2 \frac{P_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} + \frac{l_w}{2}} \right] : 10 \right\} h d \quad (\text{pers. 3.4-33})$$

dimana persamaan (3.4-33) tidak berlaku bila $\left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)$ bernilai negatif.

$$V_c = \left\{ \left[\frac{\sqrt{24,61}}{2} + \frac{4000 \left(\sqrt{24,61} + 2 \frac{8,33 \text{ E6}}{2000 \times 300} \right)}{\frac{2.734 \text{ E9}}{1093600} + \frac{2000}{2}} \right] : 10 \right\} \times 300 \times 0,8 \times 4900$$

$$= 1846157.339 \text{ N}$$

Dengan demikian maka penulangan dinding geser lantai dasar sebagai berikut :

7.3.1. Penulangan Geser Horizontal

Bila gaya geser berfaktor V_u kurang dari $\frac{\phi V_c}{2}$, maka harus disediakan tulangan sesuai dengan ayat 3.4.10 butir 9 atau sesuai dengan ketentuan pasal 3.7. Bila V_u melebihi $\frac{\phi V_c}{2}$, harus disediakan tulangan geser untuk dinding sesuai dengan pasal 3.4.10 butir 9. (SK-SNI T-15-1991-03)

$$\frac{1}{2} \phi V_c = 1846157.339 \times \frac{1}{2} \times 0,6$$

$$= 553847.20 \text{ N} < V_u, \text{ maka tulangan geser untuk dinding}$$

disediakan sesuai dengan pasal 3.4.10 butir 9 :

$$\phi V_c = 1107694.403 > V_u$$

maka cukup digunakan tulangan minimum.

Sesuai dengan SK-SNI ayat 3.7.3 butir 3 maka rasio tulangan geser horizontal tidak boleh kurang dari 0,0025. Sedang pada SK-SNI ayat 3.4.10-9 butir 3 yaitu spasi tidak boleh lebih dari $\frac{lw}{5}$, $3h$, ataupun 500 mm

$$A_{s_{\min}} = \rho_h \times A_g = 0,0025 \times b \times h$$

$$= 0,0025 \times 490 \times 30$$

$$= 36,75 \text{ cm}^2$$

Pasang tulangan rangkap D.14 - 300

- Cek rasio ρ_h minimum

$$\rho_h \text{ minimum} = 0,0025 \longrightarrow \text{menentukan !}$$

$$\begin{aligned} \text{D.14 - 300} &\longrightarrow A_s \text{ ada} = 308 \left(\frac{0,8 \times 2000}{300} + 1 \right) \\ &= 19.51 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ ada} = \frac{19.51}{(30 \times 200)}$$

$$= 0,00325 > \rho_{\min} = 0,0025 \quad \text{OK!}$$

SK-SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.4 : dinding dengan tebal lebih besar dari 250 mm harus dipasang 2 lapis tulangan dengan deking tidak lebih dari 50 mm

dari permukaan luar dinding di satu sisi dan tidak lebih dari 20 mm dari permukaan sisi lain.

- Check spasi maksimum

Sesuai dengan ayat 3.4.10 butir 9 sub butir 5 :

$$s = 300 \leq \frac{lw}{5} = \frac{2000}{5} = 400 \text{ mm} \quad \text{OK !}$$

$$s = 300 \leq 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm} \quad \text{OK !}$$

$$s = 300 \leq 500 \text{ mm} \quad \text{OK !}$$

7.3.2. Penulangan Geser Vertikal

Sesuai dengan SK-SNI T-15-1991-03 ayat 3.4.10-9 sub butir 4 dan 5 ;

rasio ρ_n dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horizontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_h - 0,0025)$$

ataupun 0,0025, tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan geser horizontal perlu, dan spasinya tidak boleh lebih dari $\frac{lw}{3}$, 3h, atau 500 mm.

$$\begin{aligned} \rho_v &\geq 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw} \right) (\rho_h - 0,0025) \\ &\geq 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{4900}{2000} \right) (0,00325 - 0,0025) \\ &\geq 0,00252 \end{aligned}$$

Pasang tulangan rangkap D.19 - 300 \longrightarrow As ada = 66.18 cm²

$$\rho_v \text{ ada} = \frac{A_s \text{ ada}}{b d}$$

$$\rho_v = \frac{66.18}{30 \times 200} = 0,00552 > 0,0025 \quad \text{OK !}$$

Diperlukan sengkang bila $\rho_n > 0,01$ (SK-SNI ayat 3.7.3 butir 6) ,

karena $\rho = 0,00552 < 0,01$ maka tidak memerlukan sengkang.

7.3.3. Penulangan Terhadap Lentur

Pengaruh momen :

$$M_y = 2734000 \text{ Nm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi f_c' b d^2} = \frac{2734000000}{0,8 \times 24,61 \times 300 \times (0,8 \times 2000)^2} \\ = 0,1011$$

Berdasarkan tabel 2 ACI 318 didapat $\omega = 0,1011$

$$A_s = \rho h d = \frac{\omega f_c' h d}{f_y} \\ = \frac{0,1011 \times 24,61 \times 300 \times 0,8 \times 2000}{320} \\ = 3233,754 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 3233,754 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{dipakai tulangan 8 D.25 (} A_s = 3926 \text{ mm}^2 \text{)}$$

BAB VIII

PERENCANAAN PONDASI

Pondasi pada gedung ini direncanakan dengan tiang pancang yang sudah ada di pasaran yaitu tiang pancang produksi WIKA.

Pondasi termasuk balok pengikat, harus direncanakan terhadap gaya aksial, gaya geser dan momen lentur yang ditentukan menurut pasal 6.7.5 PPUSBBSTBG '83 dimana beban gravitasi dan beban gempa ditinjau bekerja dalam dua arah sumbu utama gedung secara bersamaan. Gempa yang bekerja dalam arah yang tegak lurus pada arah yang ditinjau, pengaruhnya dihitung 0.3. Pondasi harus dapat memindahkan beban-beban tersebut pada tanah bawah.

Pondasi harus direncanakan dengan faktor keamanan yang cukup, yang menjamin bahwa pondasi tersebut adalah lebih kuat dari kolom yang dipikulnya.

Perencanaan pondasi yang akan dibahas dalam bab ini meliputi jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap), dan perencanaan sloof (tie beam).

9.1. Data -Data Tanah

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan hasil penyelidikan tanah dilapangan. Adapun data-data yang telah tersedia adalah data sondir

Dari hasil penyelidikan tanah sondir ini, dapat diketahui jenis tanah yang ada,, jumlah hambatan pelekat, harga conus (sondir).

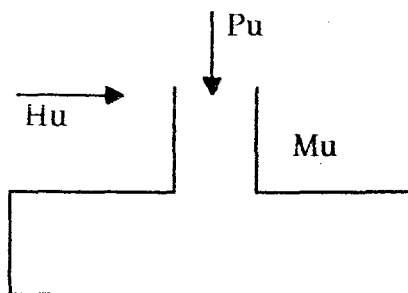
Dari data sondir dapat diketahui pada kedalaman 22 m telah didapatkan daya perlawanan ujung conus yang cukup besar dengan nilai JHP (jumlah hambatan pelek) yang memadai. Oleh karena itu, untuk dapat menghasilkan daya dukung suatu pondasi tiang pancang yang optimum, maka pemancangan tiang direncanakan sampai pada kedalaman 22 m.

9.2. Perencanaan Jumlah Pondasi Tiang

Gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang sebab jenis tanah dibawahnya adalah lempung lembek yang sangat kohesif dan daya dukung berdasarkan kekuatan desak tanah saja tidak bisa diharapkan.

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal yakni daya dukung desak pada ujung tiang (harga conus) dan pengaruh lekatan (sleeve) pada luas permukaan tiang dimana untuk keadaan tanah lempung lembek yang sangat kohesif, pengaruh lekatan lebih dominan dari harga konus.

Perencanaan pondasi pada tiang pancang yaitu :



Gambar 8.1. Pertemuan Kolom Pondasi

9.2.1. Daya Dukung Tiang

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

- Daya dukung tiang pancang yang berdiri sendiri

a. Berdasarkan kekuatan tanah

Penentuan harga conus yang dipakai dalam perhitungan tidak diambil langsung dari harga conus diujung tiang, tetapi diambil dari harga conus rata-rata sepanjang daerah keruntuhan, yaitu pada daerah 4D dibawah tiang dan 4D diatas tiang yang dihitung dengan rumus :

$$Q_c = C_n \text{ rata-rata ujung } \times A \text{ ujung tiang}$$

("Foundation Analysis and Design " oleh J.E. Bowles bab 16.8)

Pengaruh dari lekatan tanah kohesif harus diperhitungkan sebagai tambahan kekuatan dukung tanah yang dihitung dengan rumus :

$$Q_s = \odot \times JHP$$

dimana :

\odot = Keliling tiang pancang (cm)

JHP = Jumlah hambatan pelekak (kg/cm^2)

(" Foundation Analysis and Design " oleh J.E. Bowles bab 16.9)

Daya dukung ultimate dari satu tiang yang berdiri sendiri didapat dari penjumlahan kedua kondisi diatas.

$$Q_u = Q_c + Q_s$$

dimana :

Q_c = daya dukung akibat perlawanan ujung

Q_s = daya dukung akibat lekatan sepanjang keliling tiang.

Daya dukung ijin dari suatu tiang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (Safety Factor / SF)

$$\bar{P}_u \text{ 1 tiang} = \frac{Q_c}{SF1} + \frac{Q_s}{SF2}$$

dimana :

SF1 = safety factor terhadap perlawanan ujung = 3

SF2 = safety factor terhadap hambatan lekat = 5

Maka :

$$\bar{P}_u \text{ 1 tiang} = \frac{A \times C_n \text{ rata-rata ujung}}{3} + \frac{\odot \times JHP}{5}$$

Contoh Perhitungan

Tiang pancang direncanakan tiang bulat $\varnothing 60$ cm dan dipancang sampai kedalaman 22 m.

$$4 D = 4 \times 60 = 240 \text{ cm} = 2.4 \text{ m}$$

Dari data test sondir (terlampir) didapat :

$$JHP = 800 \text{ Kg/cm}$$

$$C_n_{(19,6)} = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C_n_{(22,0)} = 230 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C_n_{(24,4)} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C_n = \frac{C_n(19,6) + C_n(22,0) + C_n(24,4)}{3}$$

$$C_n = \frac{100 + 230 + 250}{3} = 193.3 \text{ kg / cm}^2$$

$$\begin{aligned} \bar{P}_u \text{ 1 Tiang} &= \frac{A \times C_n \text{ rata-rata ujung}}{3} + \frac{\odot \times JHP}{5} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \times 60^2 \times 193.3}{3} + \frac{\pi 60 \times 1000}{5} \\ &= 212340 \text{ kg} = 212.340 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Berdasarkan kekuatan tiang pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produksi WKA Type 600 B dengan spesifikasi bahan seperti pada brosur (terlampir).

$$P_u \text{ 1 tiang} = 221,12 \text{ ton}$$

$$M_u = 25000 \text{ t-m}$$

Daya dukung satu tiang dalam kelompok

Daya dukung satu tiang dalam kelompok didapat dari daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan suatu faktor efisiensi (Eff) yang dihitung dengan rumus :

$$P_{ult} = P_u \text{ 1 tiang berdiri sendiri} \times \text{Eff}$$

Agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1, maka menurut buku " Foundation Analysis and Design " oleh J.E Bowles, jarak minimum dari as ke as pondasi tiang pancang kelompok adalah :

$$S \geq \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n - 2D}{m + n - 2}$$

dimana :

- D = lebar / diameter tiang (m)
- m = jumlah baris
- n = jumlah tiang dalam satu baris

Apabila jarak antara as ke as tiang pancang dalam suatu kelompok lebih besar dari jarak diatas, maka efisiensi = 1, tapi apabila diambil kurang dari jarak diatas, maka faktor efisiensi tiang kelompok harus dihitung dengan rumus :

$$\text{Eff} = 1 - \phi \frac{(n - 1) m + (m - 1)}{90 \cdot m \cdot n}$$

dimana :

$$\phi = \arctan (D/S) \text{ dalam derajat}$$

S = spasi antar tiang

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

Sehingga :

P_{ult} 1 tiang dalam kelompok = $Eff \times P_u$ 1 tiang bebas

9.2.2. Beban Maksimum Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang.

Rumus yang dapat digunakan :

$$P_{max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_x \cdot X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_y \cdot Y_{max}}{\sum Y^2} \leq P_{ult}$$

dimana :

P_{ult} = daya dukung ijin 1 tiang dalam kelompok

P_{max} = beban maximum yang diterima 1 tiang pancang

$\sum P_u$ = Jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang
(termasuk berat poer)

M_x = momen yang terjadi pada arah x

M_y = momen yang terjadi pada arah y

n = banyaknya tiang dalam kelompok tiang

X_{max} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

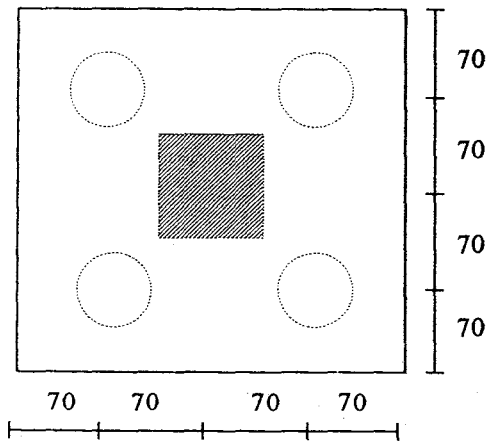
Y_{max} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum X^2$ = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

$\sum Y^2$ = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

Contoh perhitungan :

Perencanaan pondasi tiang pancang pada P 1, dengan data-data sbb:



$$P_u = 319.2179 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 3251.5 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 6004.0 \text{ kg.m}$$

$$H_{ux} = 3752.2 \text{ kg}$$

$$H_{uy} = 2133.3 \text{ kg}$$

Gambar 8.2. Penampang Poer

Direncanakan 4 buah tiang yang masing-masing berdiameter 60 cm dengan poer (pile cap) berukuran $B \times L \times T = 280 \times 280 \times 100 \text{ cm}^3$ (BV beton = $2,4 \text{ t/m}^3$)

Syarat jarak dari as ke as pada pondasi tiang pancang agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1 adalah :

$$\begin{aligned} S_{\min} &\geq \frac{1,57 D \cdot m \cdot n - 2 D}{m + n - 2} \\ &\geq \frac{1,57 \times 0,6 \times 2 \times 2 - 2 \times 0,6}{2 + 2 - 2} \\ &\geq 1,28.4 \text{ m} = 128.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{ada}} = 140 \text{ cm} > S_{\min} \rightarrow \text{Eff} = 1$$

$$P_{\text{ult}} = 1 \times 212,340 = 212,340 \text{ ton}$$

Gaya normal rencana yang bekerja pada pondasi tiang pancang adalah :

$$\text{beban bangunan} + \text{beban gempa} = 319.217 \text{ ton}$$

$$\text{beban sloof} = 0,5 \times 1 \times 8 \times 2,4 = 10.11 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{beban pile cap} &= 2,8^2 \times 1 \times 2,4 &= 18,82 \text{ ton} &+ \\ \text{Pu} &= 348.147 \text{ ton} \end{aligned}$$

Beban P maksimum 1 tiang pancang :

$$\begin{aligned} P \text{ maks} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot X \text{ mak}}{\sum x^2} + \frac{M_y \cdot Y \text{ mak}}{\sum y^2} \\ &= \frac{348.147}{4} + \frac{3.252 \times 0,70}{4 \times 0,70^2} + \frac{6.004 \times 0,70}{4 \times 0,70^2} \\ &= 90.343 \text{ ton} < P \text{ ult} && \text{OK} \end{aligned}$$

9.2.3. Pengaruh Gaya Lateral (Horisontal)

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang . Momen yang terjadi akibat gaya horisontal ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horisontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku *Pedoman Perencanaan Untuk Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung tahun 1983* pada lampiran B.

PPUBBSTBG'83 menyebutkan bahwa tiang pancang dapat dibedakan antara tiang pendek dan tiang panjang. Tiang disebut tiang panjang jika panjang tiang yang ada lebih dari 12 m atau lebih dari panjang penunjang, yaitu panjang yang diperlukan oleh tiang untuk menyalurkan momen luar M dan beban horisontal H akibat beban kerja dari atas tiang ke tanah sekelilingnya tanpa melampaui tegangan lateral yang diijinkan.

Panjang penunjang L dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = 1,44 \left(3 \sqrt{\frac{M_o}{R}} \right) \quad (\text{ untuk tiang persegi })$$

atau dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar 8 - 2 (khusus untuk tiang pendek) buku Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983, dimana

L = panjang penunjang tiang

M_o = momen luar pada ujung tiang dalam kg m/m

R = tegangan tanah lateral yang diijinkan

= 1500 kg/cm/m (untuk tanah lempung lunak)

Karena rencana pemancangan tiang sampai kedalaman 22 m (> 12 m), maka tiang adalah tiang panjang sehingga metode perhitungannya mengikuti pasal B.4. Buku PPUBBSTBG'83.

Langkah - langkah perhitungan momen akibat gaya lateral

1. Pilih H_o dari gaya lateral terbesar antara H_{ux} dan H_{uy} sebagai gaya lateral rencana.
2. Hitung nilai K dengan rumus :

$$K = \frac{H_o}{C_r \cdot D}$$

dimana :

- H_o = gaya lateral rencana per diameter tiang (kg/m)
- C_r = kekuatan kohesi rencana (kg/m²)
= 0,5 C_u
- C_u = kekuatan kohesi tanah lempung
- D = diameter tiang yang digunakan (m)

3. Dari grafik 9.1. untuk tiang yang tertahan pada ujung (nilai $e/D = 0$), dan harga K_y yang telah dihitung, didapat harga K_x
4. Hitung momen akibat gaya lateral per diameter tiang (M_{uo}) dengan rumus :

$$M_{uo} = K_x \cdot C_r \cdot D^2 \leq M_{ult \text{ tiang}}$$

Contoh perhitungan

Adapun contoh perhitungan untuk mendapatkan momen akibat gaya lateral pada tiang adalah pondasi P.1.

Beban -beban yang bekerja pada ujung kolom

$$P_u = 319217 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 3251.5 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 6004.0 \text{ kg.m}$$

$$H_{ux} = 3752.2 \text{ kg}$$

$$H_{uy} = 2133.3 \text{ kg}$$

Kekuatan tiang pancang WIKA type 600 B (brosur)

$$P_{ult} = 2116.0 \text{ ton}$$

$$M_{ult} = 25000 \text{ kg m}$$

Beban horisontal rencana pondasi tiap diameter tiang

$$H_o = \frac{H_{ux} + 0,3H_{uy}}{n \cdot D} = \frac{3752.2 + 0,3(2133,3)}{4 \times 0,6} = 1830,079 \text{ kg/m}$$

Hitung harga K_y

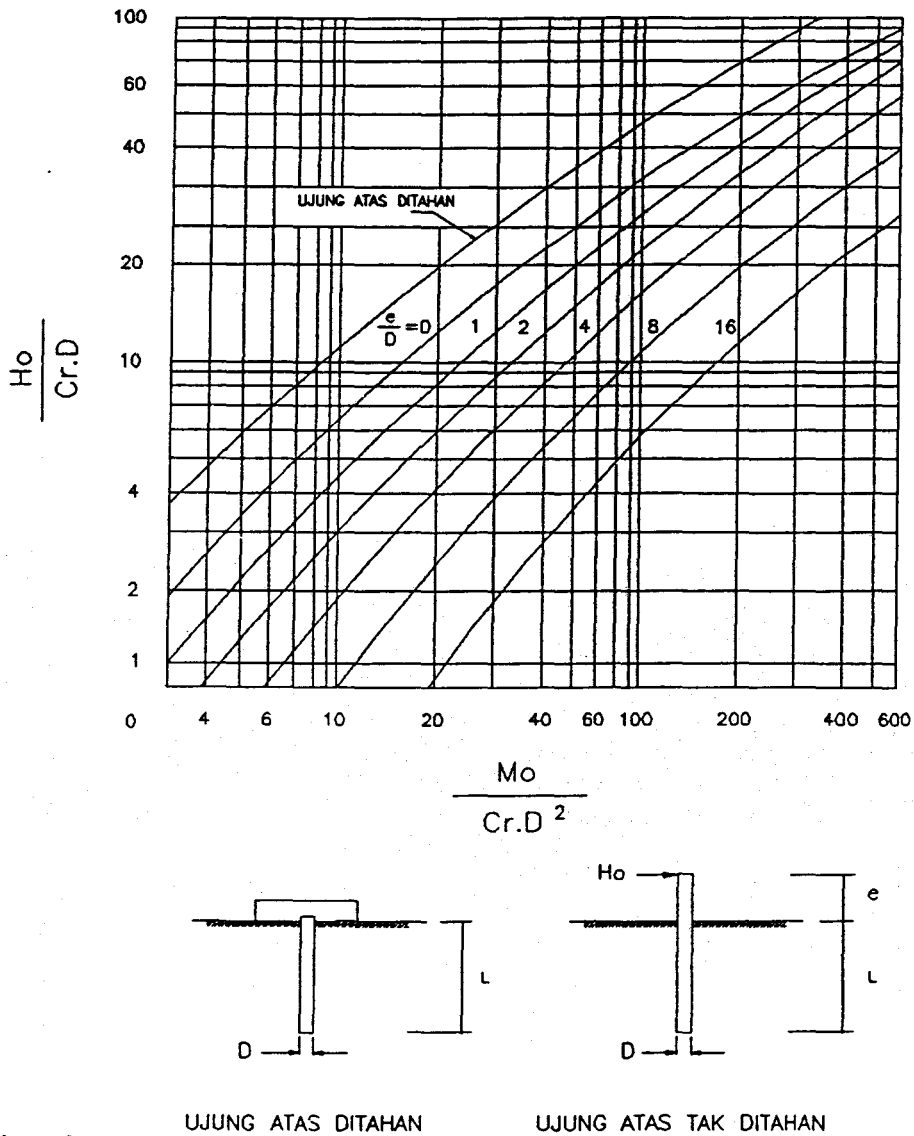
$$K_y = \frac{H_o}{C_r \cdot D} = \frac{1830,079}{1200 \times 0,6} = 2.542$$

dimana :

$$C_r = 0,5 \times C_u = 0,5 \times 2400 = 1200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u \text{ diambil dari hasil test triaksial} = 0,24 \text{ kg / cm}^2$$

Tentukan harga K_y



Grafik 8.1. Kontrol Lateral

Dari grafik 8.1 untuk nilai $e/D = 0$ dan $K_y = 2,542$ diperoleh harga

$$K_x = 3.8$$

Jadi momen akibat gaya lateral

$$M_{uo} = K_x \cdot C_r \cdot D^2 = 3.8 \times 1200 \times 0,6^2$$

$$= 1641.6 \text{ kg m} < 25000 \text{ kg m}$$

OK

9.3. Perencanaan Poer (Pile Cap)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

9.3.1. Perhitungan Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Contoh perhitungan Geser Pons

Sebagai contoh perhitungan geser pons pada poer diambil poer P.1.

- Beban P_u = $319.22 - 319.22/4 = 239.415 \text{ ton}$
- Mutu beton (f_c') = 24.61 MPa
- \emptyset tulangan utama = $D.25$; $f_y = 320 \text{ MPa}$
- Tebal poer (h) = 1 m ; $d_c = 70 \text{ mm}$
- Tinggi eff (d) = $1000 - 70 - 1,5 \times 25 = 892,5 \text{ mm}$

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_o \cdot d \quad (\text{PB'89 11.11.2.1})$$

tetapi tidak boleh lebih dari :

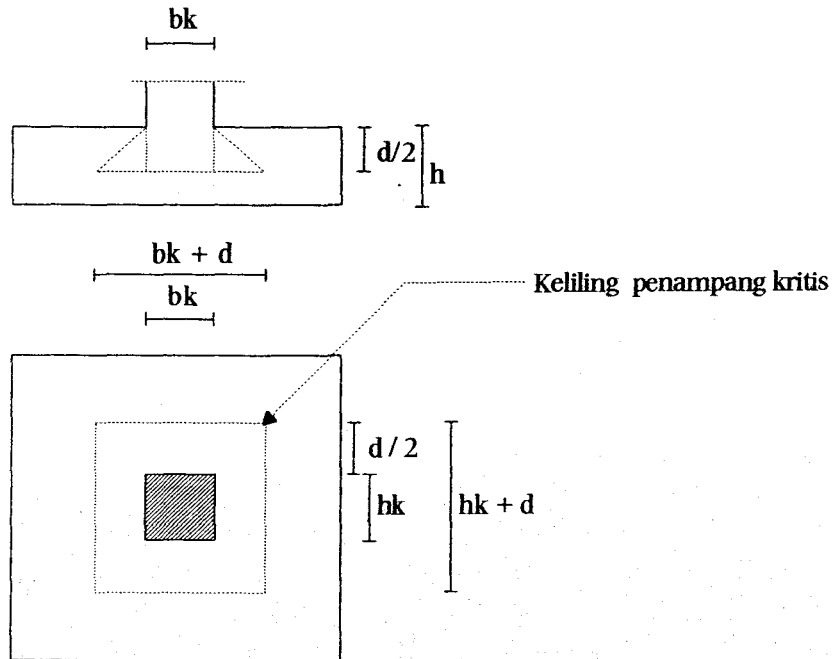
$$\phi V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \text{atau} \quad \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \leq 2$$

dimana :

- $\phi = 0,6$
- β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom
= 1 (kolom bujur sangkar)
- $\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) = 3 > 2 \rightarrow$ dipakai batas ϕV_c
- b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

$$= 2 (bk + hk + 2d)$$

$$= 2 (800 + 800 + 2 \times 892,5) = 6770 \text{ mm}$$



Gambar 8.3. Penampang Poer

$$\phi V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{24,6} \times 6770 \times 892,5$$

$$= 9989487,144 \text{ N}$$

$$= 998,95 \text{ ton} > P_u = 319.218 \text{ ton}$$

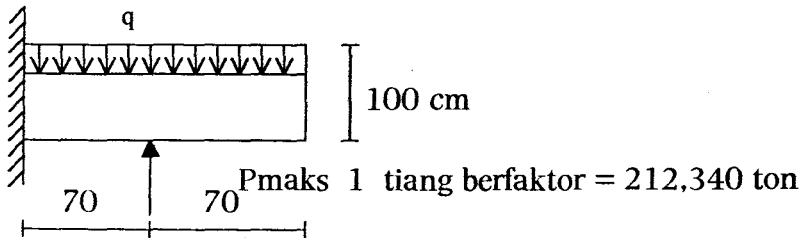
(pasang tulangan geser min yang diambil dari tulangan lentur).

9.3.2. Penulangan Lentur Poer

Untuk perhitungan penulangan lentur, poer type 1 dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom, sedangkan poer type 2 dianalisa sebagai balok tertumpu pada dua tumpuan sederhana.

Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu biasa.

Contoh perhitungan Penulangan Lentur Poer



Gambar 8.4. Gaya-gaya yang bekerja di Poer

Diambil poer P.1 sebagai lanjutan contoh sebelumnya dimana momen arah X sama dengan momen arah Y.

$$\begin{aligned} Q &= 2,8 \times 1 \times 2,4 \\ &= 6,72 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja : $M_{ux} = M_{uy} = M_u$

$$\begin{aligned} M_u &= -2 \times P \times L + 0,5 \times Q \times L^2 \\ &= [-2 \times 212,340 \times 0,70] + [0,5 \times 6,72 \times 1,4^2] \\ &= -290,690 \text{ t-m} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{290,690 \times 10^7}{0,8 \times 2800 \times 892,5^2} = 1,629 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 24,6} = 15,3$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,3} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,629}{320}} \right] \\ &= 0,00531 > \rho_{\min} = 0,00437 \end{aligned}$$

$$A_s = 0,00531 \times 280 \times 89,25 = 132,522 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai Tulangan 27 D.25 (} A_s = 132,536 \text{ cm}^2 \text{)}$$

$$A_s \text{ susut} = 0,002 \times 2800 \times 892,5 = 4998 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai Tulangan 10 D.25 (} A_s = 4909 \text{ cm}^2 \text{)}$$

9.3.3. Kontrol Geser Pada Penampang Kritis

Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokan tulangan utama bawah keatas dan membengkokan tulangan utama atas ke bawah.

Contoh untuk Poer P1

$$\text{- Tulangan geser} = \text{D25} \quad A_v = 1963 \text{ mm}^2 \text{ (4 kaki)}$$

$$\text{- P max 1 tiang} = 212,340 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{- Penampang kritis} &= (B \text{ kolom} + d)/2 = (800 + 892,5)/2 \\ &= 846,25 \text{ mm dari pusat kolom} \end{aligned}$$

$$\text{- decking (dc)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{- d''} = 50 + (2 \times \text{diameter tulangan utama}) = 100 \text{ mm}$$

$$V_u = 2 \times P_{\max} - Q \cdot L = 2 \times 212,340 - 6,72 \times 1,4 = 415,272 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{24,6} \times 2800 \times 892,5 \\ &= 1239463,7 \text{ N} < V_u \end{aligned}$$

$$S_{\max} = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} = \frac{0,6 \times 1963 \times 320 \times 892,5}{4152720 - 1239463,7} = 115,465 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ada}} &= (B \text{ poer} - 2d'') / (n \cdot \text{tulangan utama} - 1) \\ &= (2800 - 200) / (27 - 1) \\ &= 100 \text{ mm} < S_{\max} \text{ OK} \end{aligned}$$

9.4. Perencanaan Tie Beam (Sloof)

Sloof atau tie beam menerima beban pelat, tembok, berat sendiri sloof, dan beban aksial tekan atau tarik (arah ke bawah). Disamping itu, sloof juga menerima beban akibat uplift air pada pelat lantai dasar (arah keatas).

Gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10% dari beban aksial kolom yang terjadi pada kondisi pembebanan gempa (Buku *PPSBBSTBUG'83* - 6.9.2).

Penentuan dimensi sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton (f_{ct}).

Pada perencanaan sloof ini, penulis mengambil ukuran sloof berdasarkan gaya normal kolom terbesar (kolom As - 2 kolom ke 3 $P_u = 942,38 \text{ ton}$). Sloof direncanakan berukuran 45 x 80 cm untuk semua sloof.

Chek terhadap tegangan tarik ijin beton (f_{ct}) :

$$\begin{aligned} f_{ct} &= f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_{c'}} \quad (\text{PB'89 Pasal 9.5.2.3}) \\ &= 0,7 \times \sqrt{24,61} \\ &= 3,43 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r \text{ yang terjadi} &= \frac{N_u}{\phi b h} \leq f_{ct} \\ &= \frac{0,1 \times 9,42 \cdot 10^6}{0,8 \times 450 \times 800} \\ &= 3,271 \text{ MPa} \leq f_{ct} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

9.4.1. Penulangan Lentur Sloof

Penulangan lentur sloof didasarkan pada kedua kondisi pembebanan (dari atas dan dari bawah) sehingga penulangannya berdasarkan kedua kondisi diatas seperti pada penulangan balok induk.

ukuran sloof	= 450 x 800 mm
beton , f_c'	= 24,61 MPa
tulangan , f_y	= 320 MPa
decking (dc)	= 50 mm (SKSNI 3.16.7.1)
tulangan utama	= D-25
sengkang	= Ø 12
tinggi efektif, d	= 800 - 50 - 12 - 12,5 = 725,5 mm

Beban yang diterima sloof :

$$\text{berat sendiri sloof} = 0,45 \times 0,8 \times 2400 = 864 \text{ kg/m}$$

$$\text{berat tembok} = 1700 \times 0,15 \times 4,8 = 1224 \text{ kg/m}$$

berat pelat lantai dasar diekivalenkan menjadi segitiga, trapesium.

$$q \text{ D pelat lantai dasar} = 0,12 \times 2400 + 3 \times (21 + 24) = 423 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ D pelat lantai dasar} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$q \text{ L uplift pelat} = - 2000 \text{ kg/m}^2 \text{ (keatas)}$$

Contoh Perhitungan Lentur Sloof

Beban mati

$$\text{berat sendiri sloof} = 864 \text{ kg/m}$$

$$\text{berat tembok} = 1224 \text{ kg/m}$$

$$\text{berat pelat lantai dasar} = (1 / 3 \times 423 \times 2,9) \times 2 = 817,8 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_L = 400 \text{ kg/m (kebawah)}$$

$$q_L \text{ Uplift} = 2000 \text{ kg/m (keatas)}$$

Beban Ultimate

$$q_u = 1,2 \times (864 + 1224 + 817,8) + 1,6 \times 400$$

$$= 4126.96 \text{ kg/m (ke bawah)}$$

$$q_u = 1,2 \times (864 + 1224 + 817.8) - 1,6 \times 2000$$

$$= 286,96 \text{ kg/m (ke atas)}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kiri Negatif} = 1/24 \times 4126.96 \times 5,2^2 = 4649,708 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kiri Positif} = 1/24 \times 286.96 \times 5,2^2 = 323,308 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kanan Negatif} = 1/10 \times 4126.96 \times 5,2^2 = 11159,300 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kanan Positif} = 1/10 \times 286.96 \times 5,2^2 = 775,940 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen Lapangan} = 1/11 \times 4126.96 \times 5,2^2 = 10144,818 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1/2 \times 4126.96 \times 5,2 = 10730,096 \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \left[0,85 \frac{0,85 \times 24,6}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) \right] = 0,0272$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,004375$$

a. Penulangan pada tumpuan

$$M_u - = -11,159 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_u + = 7,759 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Tulangan atas (Momen Negatif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{11,159 \cdot 10^7}{0,8 \times 450 \times 725,5^2} = 0,588$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 24,6} = 15,3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,3} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,588}{320}} \right)$$

$$= 0,00158 < \rho_{\text{min}} = 0,00437$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00437 \times 450 \times 725,5 = 1426,7 \text{ mm}^2$$

Tulangan bawah (Momen positif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{7,759 \cdot 10^7}{0,8 \cdot 450 \cdot 725,5^2} = 0,409$$

$$m = 15,3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,3} \times 1 - \left[\sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,409}{320}} \right]$$

$$= 0,00129 < \rho_{\text{min}} = 0,00437$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,00437 \times 450 \times 725,5 = 1426,7 \text{ mm}^2$$

b. Penulangan pada lapangan

$$M_u = 10,145 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$b_e = 2000 \text{ mm}$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{10,145 \cdot 10^7}{0,8 \times 450 \times 725,5^2} = 0,535$$

$$m = 15,3$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,535}{320}} \right)$$

$$= 0,00169 < \rho_{\text{min}} = 0,00437$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00437 \times 450 \times 725,5 = 1426,7 \text{ mm}^2$$

Dari data output di dapat gaya-gaya dalam :

$$M_{ux} = 1235,7 \text{ kg}$$

$$M_{uy} = 2274,6 \text{ kg}$$

$$P_u = 0,1 \times 942379,3 = 94237,93 \text{ kg}$$

Penulangan lentur (beban vertikal) dan aksial :

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{2274600}{94237,93} = 24,137$$

$$\frac{e}{h} = \frac{24,137}{800} = 0,0302$$

$$K = \frac{P_u}{A_g 0,85 f_c'} = \frac{94237,93}{800 \times 450 \times 0,85 \times 24,61} = 0,0125$$

$$K \frac{e}{h} = 0,000378$$

$$\frac{P_u}{A_g} = K 0,85 f_c' = 0,26$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = K \frac{e}{h} 0,85 f_c' = 0,00464$$

dari diagram M - N non dimensi diperoleh harga $\rho = 0,01$

$$A_s = 0,01 \times 450 \times 725,5 = 3264,75 \text{ mm}^2$$

Dari perhitungan diatas maka dipakai 8 D-25 ($A_s = 3927 \text{ mm}^2$)

Perhitungan Tulangan Geser

$$\text{Sengkang} = D12$$

$$A_v = 226,2 \text{ mm}^2$$

Kuat Nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{24,6} \times 450 \times 725,5 + \left[1 + \frac{0,1 \times 9423793}{14 \times 450 \times 800} \right] \\ &= 192242.546 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 10730,096 \text{ kg} = 107300,96 \text{ N}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 192242.546 - 107300,96 = 84941,86 \text{ N}$$

3. Hitung jarak sengkang (S)

Dipakai sengkang D 12 A_v ada = luas dua kaki

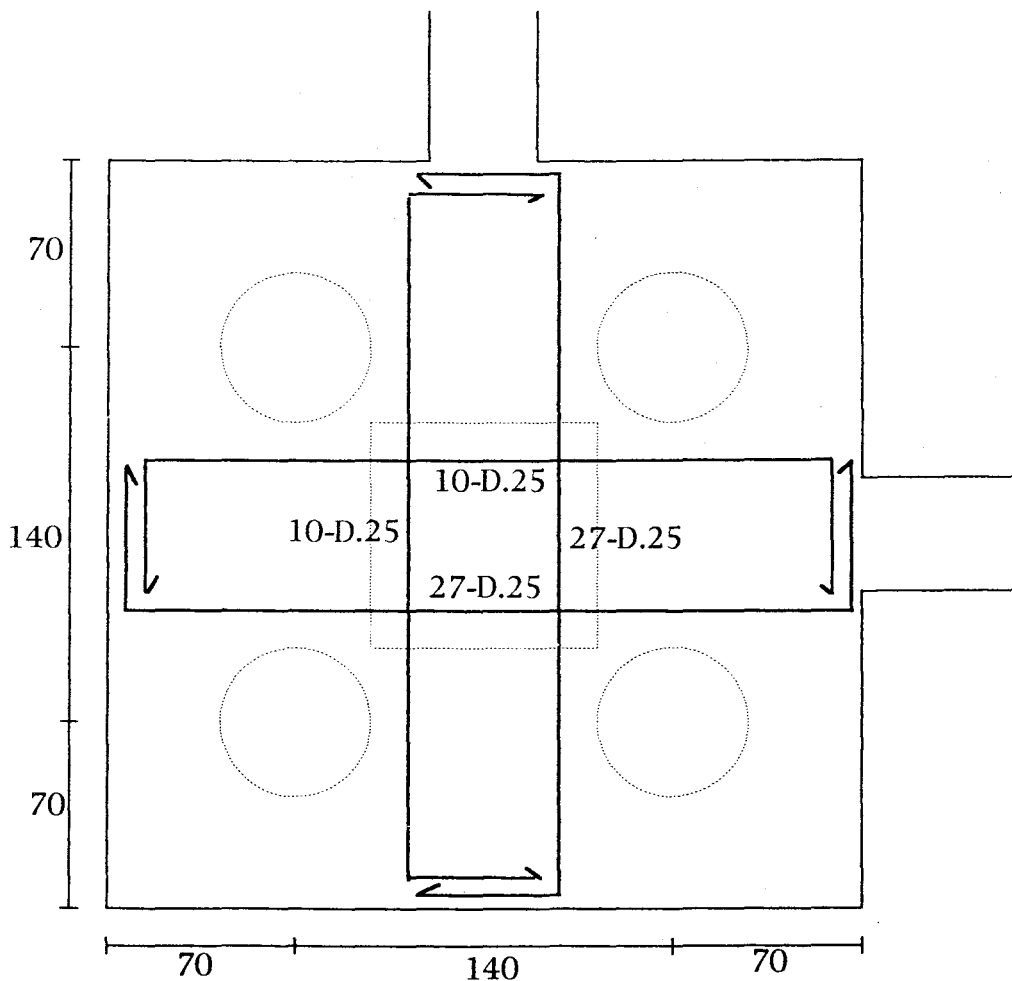
$$= 226,2 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 226,2 \times 320 \times 725,5}{84941,586} = 370 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang D12 - 300

Untuk Disain Akhir Sloof seperti pada penulangan balok induk.

Selanjutnya untuk penulangan geser dan torsi untuk sloof yang lain dilihat pada lampiran.



Gambar 9.2. Penulangan Poer

BAB IX**KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada Bab akhir dari penulisan buku Tugas Akhir ini, penulis akan mencoba menampilkan beberapa kesimpulan dan saran-saran yang diperoleh selama mengerjakan Tugas Akhir ini, meskipun yang akan ditampilkan ini bukan sesuatu yang baru bagi pembaca. Beberapa Kesimpulan dan saran tersebut adalah :

1. Dari hasil analisa struktur utama pada Tugas Akhir ini, untuk daerah gempa zone 4 ternyata gaya-gaya dalam yang terjadi akibat gempa tidak begitu dominan bila dibandingkan dengan beban gravitasi.
2. Perencanaan struktur yang terdapat pada daerah zone gempa 4 dengan konfigurasi tidak beraturan sebaiknya tidak perlu dilakukan dengan konsep desain kapasitas (daktilitas penuh) karena disamping pendetailan maupun syarat-syarat yang dituntut pada perencanaan dengan konsep desain relatif lebih rumit, perencanaan dengan daktilitas terbatas sudah cukup aman. Hal ini tentu berpengaruh pada banyak hal, antara lain waktu , biaya, maupun metoda pelaksanaan. Karena itu sebaiknya struktur didisain dengan daktilitas lebih rendah (daktilitas terbatas).
3. Batasan gaya-gaya dalam yang diterima elemen kolom, baik momen, aksial, maupun geser :

$$M_{uk} = 1,05 (M_{d,k} + M_{l,k} + 4/K M_{e,k})$$

$$N_{uk} = 1,05 (N_{d,k} + N_{l,k} + 4/K N_{e,k})$$

$$V_{uk} = 1,05 (V_{d,k} + V_{l,k} + 4/K V_{e,k})$$

sebaiknya benar-benar kita perhatikan prinsip "*Strong Column Weak Beam*" yang dipakai pada perencanaan dengan konsep desain kapasitas menuntut adanya kolom yang lebih kuat daripada balok dengan memakai gaya-gaya yang didapat dari momen kapasitas balok. Biasanya gaya dalam yang diperoleh dengan cara ini sangat besar dan terkadang kurang masuk akal, sehingga batasan di atas perlu kita perhatikan.

4. Kolom harus direncanakan terhadap momen dua arah (*biaksial bending*) dengan memephrhitungkan 30% gaya dalam pada arah tegak lurus terhadap arah yang ditinjau.

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS
SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

145 X=0 Y=8

153 X=4 Y=8 Q=1,9,145,153,1,9

RESTRAINTS

1,153,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,145,9 R=1,1,1,1,1,1

9,153,9 R=1,1,1,1,1,1

145,153,1 R=1,1,1,1,1,1

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,16

POTENTIAL

1 145 144 P=239.8,239.8

10 136 9 P=479.6,479.6

9 153 144 P=239.8,239.8

18 144 9 P=239.8,239.8

2 8 1 P=239.8,239.8

146 152 1 P=239.8,239.8

11 137 9 P=959.2,959.2

12 138 9 P=959.2,959.2

13 139 9 P=959.2,959.2

14 140 9 P=959.2,959.2

15 141 9 P=959.2,959.2

16 142 16 P=959.2,959.2

17 143 9 P=959.2,959.2

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

75,79,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

74,80,6 F=0,0,-742

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS
SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

145 X=0 Y=8

153 X=4 Y=8 Q=1,9,145,153,1,9

:

RESTRAINTS

1,153,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,145,9 R=1,1,1,1,1,1

9,153,9 R=1,1,1,1,1,1

145,153,1 R=1,1,1,1,1,1

:

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,16

:

POTENTIAL

1 145 144 P=239.8,239.8

10 136 9 P=479.6,479.6

9 153 144 P=239.8,239.8

18 144 9 P=479.8,479.8

2 8 1 P=479.8,479.8

146 152 1 P=479.8,479.8

11 137 9 P=959.2,959.2

12 138 9 P=959.2,959.2

13 139 9 P=959.2,959.2

14 140 9 P=959.2,959.2

15 141 9 P=959.2,959.2

16 142 9 P=959.2,959.2

17 143 9 P=959.2,959.2

:

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

75,79,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

74,80,6 F=0,0,-742

21,25,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

20,26,6 F=0,0,-742

:

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS

SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

127 X=0 Y=8

135 X=4 Y=8 Q=1,9,127,135,1,9

:

RESTRAINTS

1,135,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,127,9 R=1,1,1,1,1,1

9,135,9 R=1,1,1,1,1,1

127,135,1 R=1,1,1,1,1,1

:

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,14

:

POTENTIAL

1 127 126 P=299.8,299.8

10 118 9 P=599.6,599.6

9 135 1 P=299.8,299.8

18 126 9 P=599.6,599.6

2 8 1 P=599.6,599.6

128 134 1 P=599.6,599.6

11 119 9 P=1199.2,1199.2

12 120 9 P=1199.2,1199.2

13 121 9 P=1199.2,1199.2

14 122 9 P=1199.2,1199.2

15 123 9 P=1199.2,1199.2

16 124 9 P=1199.2,1199.2

17 125 9 P=1199.2,1199.2

:

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

66,70,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

65,71,6 F=0,0,-742.1

:

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)
C SATRIO
C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS
SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0
9 X=4 Y=0
127 X=0 Y=8
135 X=4 Y=8 Q=1,9,127,135,1,9

RESTRAINTS

1,135,1 R=1,1,0,0,0,1
1,9,1 R=1,1,1,1,1,1
1,127,9 R=1,1,1,1,1,1
9,135,9 R=1,1,1,1,1,1
127,135,1 R=1,1,1,1,1,1

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,14

POTENTIAL

1 127 9 P=599.6,599.6
9 135 9 P=599.6,599.6
2 8 1 P=599.6,599.6
128 134 1 P=599.6,599.6
11 119 9 P=1199.2,1199.2
12 120 9 P=1199.2,1199.2
13 121 9 P=1199.2,1199.2
14 122 9 P=1199.2,1199.2
15 123 9 P=1199.2,1199.2
16 124 9 P=1199.2,1199.2
17 125 9 P=1199.2,1199.2

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

66,70,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

65,71,6 F=0,0,-742.1

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS
SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

145 X=0 Y=8

153 X=4 Y=8 Q=1,9,145,153,1,9

:

RESTRAINTS

1,153,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,145,9 R=1,1,1,1,1,1

9,153,9 R=1,1,1,1,1,1

145,153,1 R=1,1,1,1,1,1

:

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,16

:

POTENTIAL

1 145 9 P=479.6,479.6

9 153 9 P=479.6,479.6

2 8 1 P=479.6,479.6

146 152 1 P=479.6,479.6

11 137 9 P=959.2,959.2

12 138 9 P=959.2,959.2

13 139 9 P=959.2,959.2

14 140 9 P=959.2,959.2

15 141 9 P=959.2,959.2

16 142 9 P=959.2,959.2

17 143 9 P=959.2,959.2

:

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*8)

75,79,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

74,80,6 F=0,0,-742

23,131,9 F=0,0,-494.7

14,140,126 F=0,0,-742

:

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS

SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

127 X=0 Y=8

135 X=4 Y=8 Q=1,9,127,135,1,9

:

RESTRAINTS

1,135,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,127,9 R=1,1,1,1,1,1

9,135,9 R=1,1,1,1,1,1

127,135,1 R=1,1,1,1,1,1

:

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,14

:

POTENTIAL

1 127 9 P=479.6,479.6

9 135 9 P=479.6,479.6

2 8 1 P=479.6,479.6

128 134 1 P=479.6,479.6

11 119 9 P=959.2,959.2

12 120 9 P=959.2,959.2

13 121 9 P=959.2,959.2

14 122 9 P=959.2,959.2

15 123 9 P=959.2,959.2

16 124 9 P=959.2,959.2

17 125 9 P=959.2,959.2

:

LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*7)

66,70,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

65,71,6 F=0,0,-742

23,113,9 F=0,0,-494.7 :6925.8/14

14,122,108 F=0,0,-742

:

ANALISA PELAT LANTAI (KG-M)

C SATRIO

C 389 310 0748 - TEKNIK SIPIL ITS
SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

JOINTS

1 X=0 Y=0

9 X=4 Y=0

127 X=0 Y=8

135 X=4 Y=8 Q=1,9,127,135,1,9

:

RESTRAINTS

1,135,1 R=1,1,0,0,0,1

1,9,1 R=1,1,1,1,1,1

1,127,9 R=1,1,1,1,1,1

9,135,9 R=1,1,1,1,1,1

127,135,1 R=1,1,1,1,1,1

:

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2

1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,14

:

POTENTIAL

1 127 9 P=479.6,479.6

9 135 9 P=479.6,479.6

2 8 1 P=479.6,479.6

128 134 1 P=479.6,479.6

11 119 9 P=959.2,959.2

12 120 9 P=959.2,959.2

13 121 9 P=959.2,959.2

14 122 9 P=959.2,959.2

15 123 9 P=959.2,959.2

16 124 9 P=959.2,959.2

17 125 9 P=959.2,959.2

:

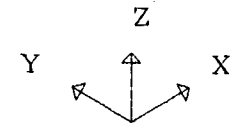
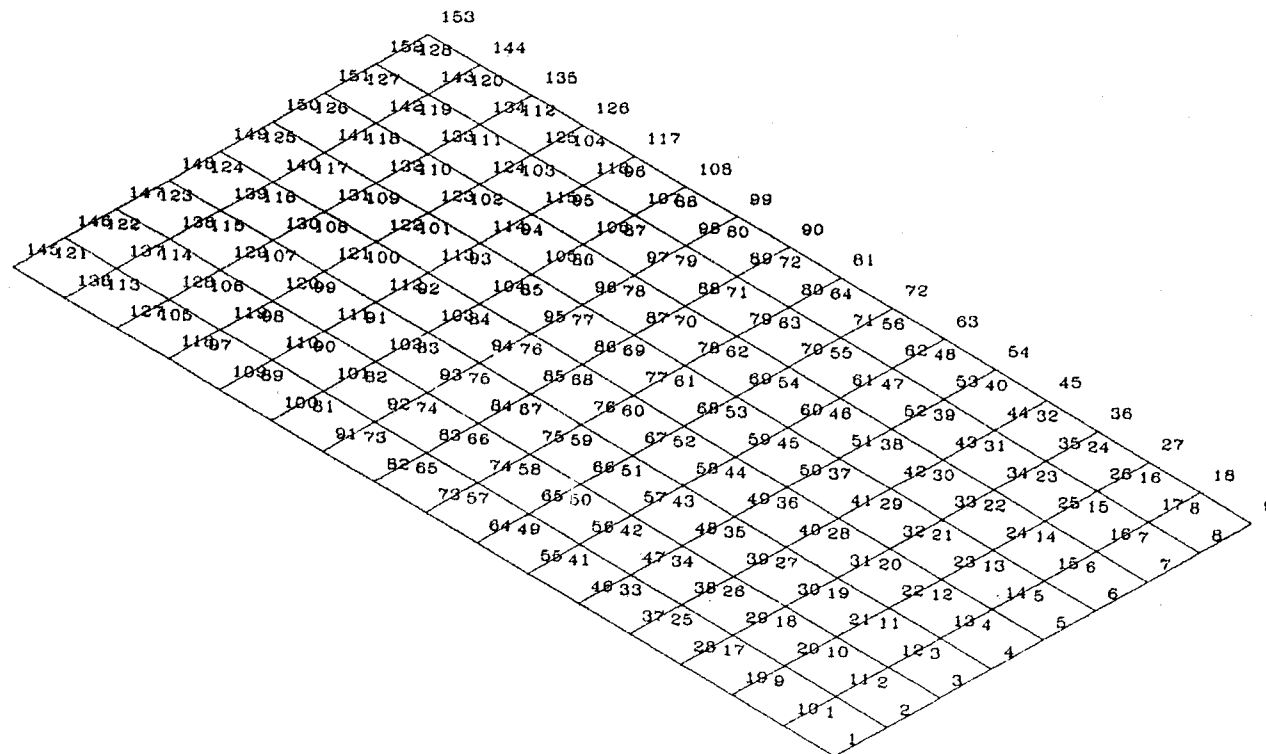
LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700*0.15*3.88*4)

66,70,1 F=0,0,-494.7 :3957.6/8

65,71,6 F=0,0,-742

:



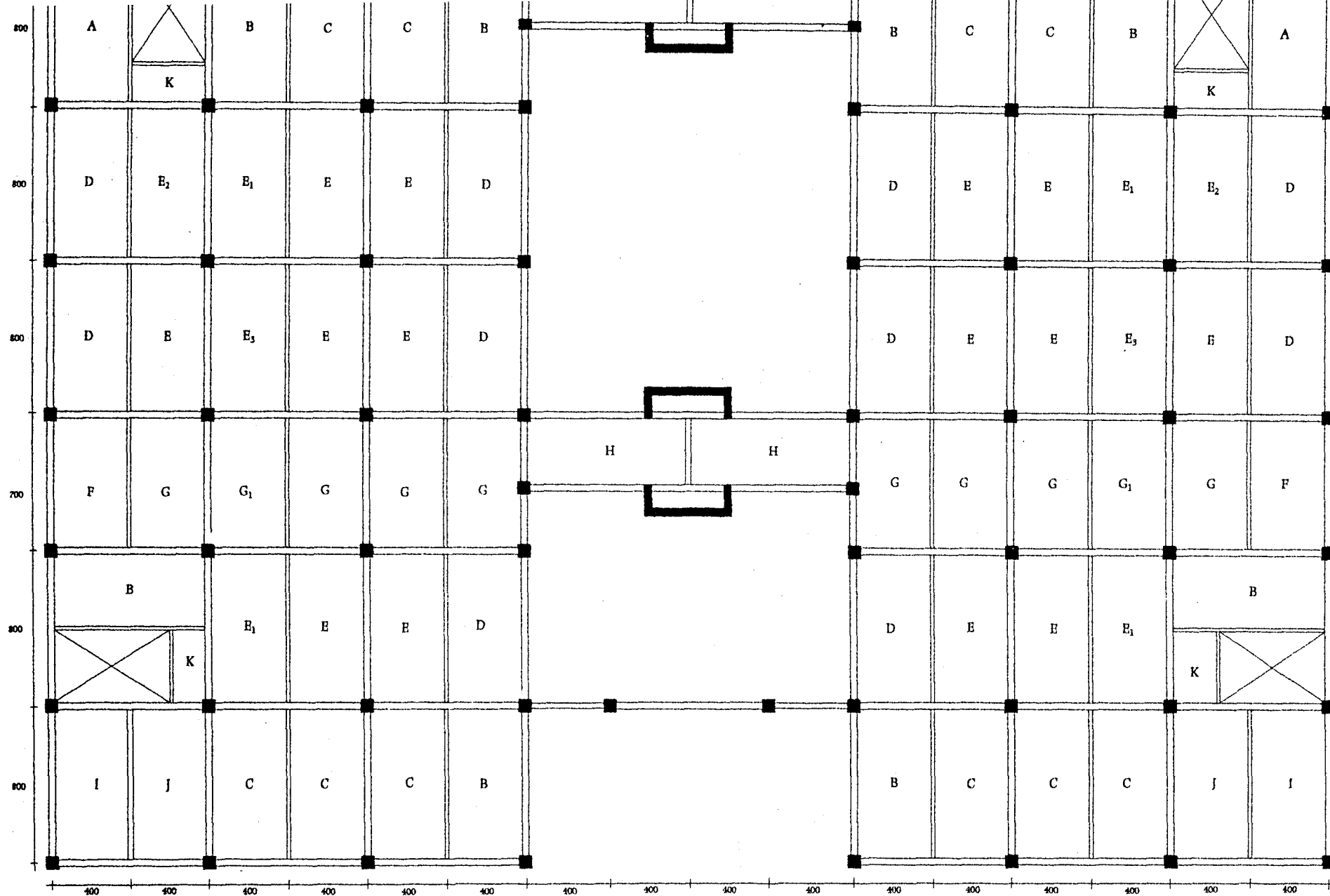
pelat

UNDEFORMED
SHAPE

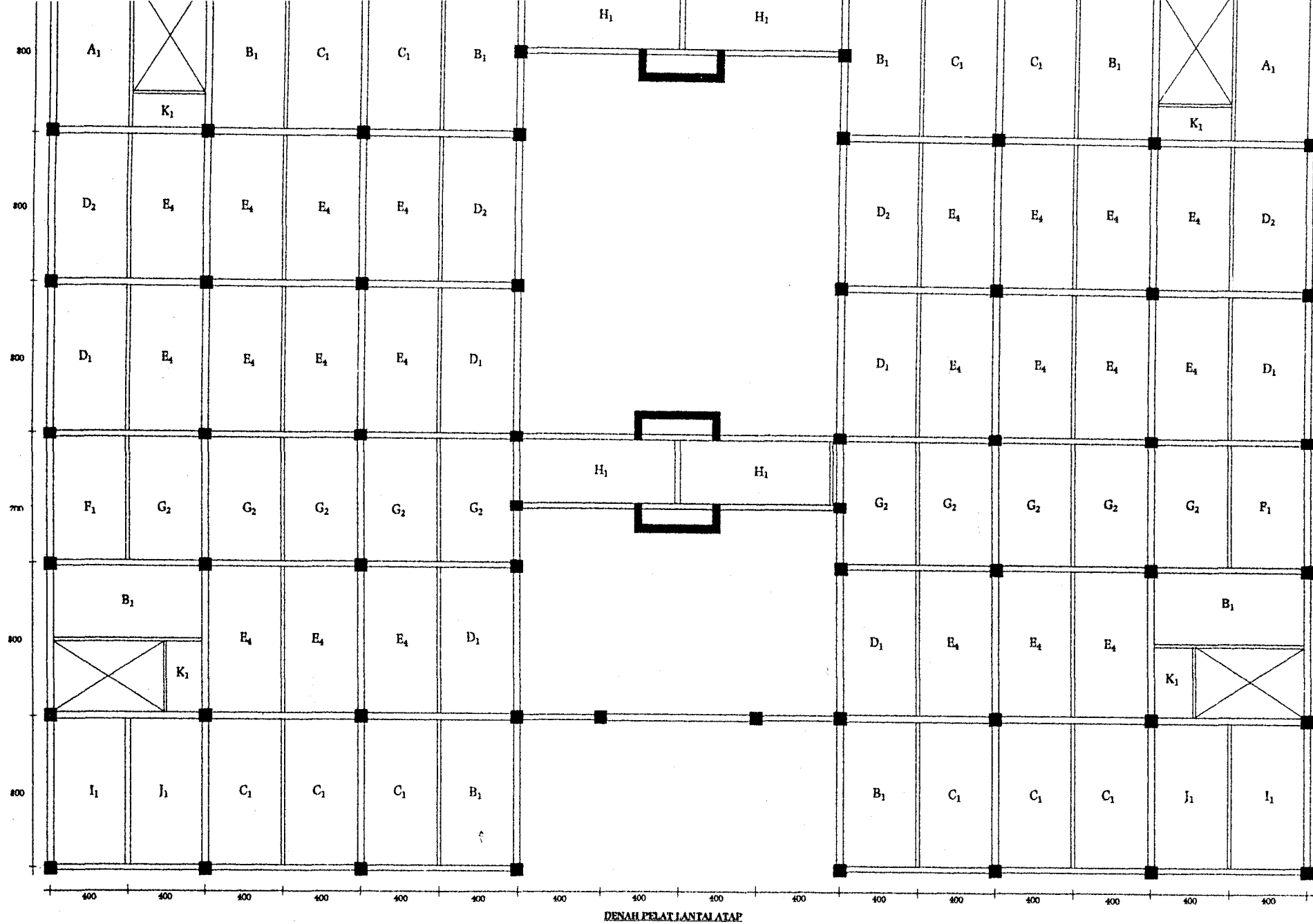
OPTIONS

JOINT IDS
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90



DENAH PELAT LANTAI 1 - 6



Tabel 3.2 PENULANGAN PELAT LANTAI 1 - 6

fc' = 25 MPa Deking = 20 mm

fy' = 320 MPa

Tebal pelat = 120 mm ρ_{min} = 0.004375

TYPE	Lx (m)	Ly (m)	daerah	C	qu (N/mm)	Mu (N-m)	d (mm)	m	Rn (MPa)	ρ	ρ pakat	As perln (mm ²)	ϕ utama (mm)	Tulangan terpasang	As pasang (mm ²)
A	4	8	tump.x	92	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.9556	0.00643	0.00643	610.584	10	D.10-125	628
			lap.x	92	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.9556	0.00643	0.00643	610.584	10	D.10-125	628
			tump.y	80	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.12418	0.00701	0.00701	596.222	10	D.10-125	628
			lap.y	80	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.12418	0.00701	0.00701	596.222	10	D.10-125	628
B	4	8	tump.x	88	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.87057	0.00613	0.00613	582.659	10	D.10-125	628
			lap.x	88	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.87057	0.00613	0.00613	582.659	10	D.10-125	628
			tump.x	49	9.592	7520128	85	15.297	1.30106	0.0042	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.x	49	9.592	7520128	85	15.297	1.30106	0.0042	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
C	4	8	tump.x	62	9.592	9515264	95	15.297	1.3179	0.00426	0.00438	415.625	10	D.10-150	449
			lap.x	62	9.592	9515264	95	15.297	1.3179	0.00426	0.00438	415.625	10	D.10-150	449
			tump.y	34	9.592	5218048	85	15.297	0.90278	0.00288	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	34	9.592	5218048	85	15.297	0.90278	0.00288	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
D	4	8	tump.x	SAP90	9.592	1.1E+07	95	15.297	1.52659	0.00496	0.00496	471.073	10	D.10-150	449
			lap.x	SAP90	9.592	1.1E+07	95	15.297	1.52659	0.00496	0.00496	471.073	10	D.10-150	449
			tump.y	SAP90	9.592	5615400	85	15.297	0.97152	0.00311	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	9.592	5615400	85	15.297	0.97152	0.00311	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
E	4	8	tump.x	SAP90	9.592	2272.4	95	15.297	0.00031	9.8E-07	0.00438	415.625	10	D.10-150	449
			lap.x	SAP90	9.592	1102.2	95	15.297	0.00015	4.8E-07	0.00438	415.625	10	D.10-150	449
			tump.y	SAP90	9.592	1116.3	85	15.297	0.00019	6E-07	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	9.592	561.54	85	15.297	9.7E-05	3E-07	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
E-1	4	8	tump.x	SAP90	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.86731	0.00612	0.00612	581.591	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.86731	0.00612	0.00612	581.591	10	D.10-125	628
			tump.y	SAP90	9.592	6221200	85	15.297	1.07633	0.00345	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	9.592	6221200	85	15.297	1.07633	0.00345	0.00438	371.875	10	D.12-200	393
E-2	4	8	tump.x	SAP90	9.592	1.1E+07	95	15.297	1.54335	0.00502	0.00502	476.46	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	9.592	1.1E+07	95	15.297	1.54335	0.00502	0.00502	476.46	10	D.10-125	628
			tump.y	SAP90	9.592	5464500	85	15.297	0.94542	0.00302	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	9.592	5464500	85	15.297	0.94542	0.00302	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
E-3	4	8	tump.x	SAP90	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.92936	0.00634	0.00634	601.952	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.92936	0.00634	0.00634	601.952	10	D.10-125	628
			tump.y	SAP90	9.592	6848600	85	15.297	1.18488	0.00381	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	9.592	6848600	85	15.297	1.18488	0.00381	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
F	4	7	tump.x	SAP90	11.992	1.3E+07	95	15.297	1.75346	0.00573	0.00573	544.422	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	11.992	1.3E+07	95	15.297	1.75346	0.00573	0.00573	544.422	10	D.10-125	628
			tump.y	SAP90	11.992	6051300	85	15.297	1.04694	0.00336	0.00438	371.875	10	D.10-100	393
			lap.y	SAP90	11.992	6051300	85	15.297	1.04694	0.00336	0.00438	371.875	10	D.10-200	393

Tabel 3.2 PENULANGAN PELAT LANTAI 1 - 6

$f_c' = 25 \text{ MPa}$ Deking = 20 mm

$f_y' = 320 \text{ MPa}$

Tebal pelat = 120 mm $\rho_{min} = 0.004375$

TYPE	Lx (m)	Ly (m)	daerah	C	qu (N/m)	Mu (N-m)	d (mm)	m	Rn (MPa)	ρ	ρ pakai	As perlu (mm ²)	ϕ utama (mm)	Tulangan terpasang	As pasang (mm ²)
G	4	7	turnp.x	SAP90	1199.2	1.4E+07	95	15.297	1.87507	0.00615	0.00615	584.132	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	1199.2	1.4E+07	95	15.297	1.87507	0.00615	0.00615	584.132	10	D.10-125	628
			turnp.y	SAP90	1199.2	6668800	85	15.297	1.15377	0.00371	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	1199.2	6668800	85	15.297	1.15377	0.00371	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
G-1	4	7	turnp.x	SAP90	1199.2	1.1E+07	95	15.297	1.52853	0.00497	0.00497	471.696	10	D.10-125	628
			lap.x	SAP90	1199.2	1.1E+07	95	15.297	1.52853	0.00497	0.00497	471.696	10	D.10-125	628
			turnp.y	SAP90	1199.2	5596100	85	15.297	0.96818	0.0031	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	SAP90	1199.2	5596100	85	15.297	0.96818	0.0031	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
H	4	8	turnp.x	85	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.8068	0.00591	0.00591	561.806	10	D.10-125	628
			lap.x	85	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.8068	0.00591	0.00591	561.806	10	D.10-125	628
			turnp.y	79	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.09763	0.00692	0.00692	588.328	10	D.10-125	628
			lap.y	79	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.09763	0.00692	0.00692	588.328	10	D.10-125	628
I	4	8	turnp.x	88	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.87057	0.00613	0.00613	582.659	10	D.10-125	628
			lap.x	88	9.592	1.4E+07	95	15.297	1.87057	0.00613	0.00613	582.659	10	D.10-125	628
			turnp.y	49	9.592	7520128	85	15.297	1.30106	0.0042	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	49	9.592	7520128	85	15.297	1.30106	0.0042	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
J	4	8	turnp.x	85	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.8068	0.00591	0.00591	561.806	10	D.10-125	628
			lap.x	85	9.592	1.3E+07	95	15.297	1.8068	0.00591	0.00591	561.806	10	D.10-125	628
			turnp.y	79	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.09763	0.00692	0.00692	588.328	10	D.10-125	628
			lap.y	79	9.592	1.2E+07	85	15.297	2.09763	0.00692	0.00692	588.328	10	D.10-125	628
K	2.4	4	turnp.x	80	9.592	4419994	95	15.297	0.61219	0.00194	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	80	9.592	4419994	95	15.297	0.61219	0.00194	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			turnp.y	51	9.592	2817746	85	15.297	0.4875	0.00154	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	51	9.592	2817746	85	15.297	0.4875	0.00154	0.00438	371.875	10	D.10-200	393

Tabel 3.3 PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP

fc' = 25 MPa Deking = 20 mm

fy' = 320 MPa

Tebal pelat = 120 mm

 ρ min = 0.004375

TYPE	Lx (m)	Ly (m)	daerah	C	qu (N/m)	Mu (N-m)	d (mm)	m	Rn (MPa)	ρ	ρ pakai	As perlu (mm ²)	ϕ utama (mm)	Tulangan terpasang	As pasang (mm ²)
A-1	4	8	tump.x	92	6.352	9350144	95	15.297	1.29503	0.00418	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	92	6.352	9350144	95	15.297	1.29503	0.00418	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	80	6.352	8130560	85	15.297	1.40667	0.00455	0.00455	386.75	10	D.10-200	393
			lap.y	80	6.352	8130560	85	15.297	1.40667	0.00455	0.00455	386.75	10	D.10-200	393
B-1	4	8	tump.x	88	6.352	8943616	95	15.297	1.23873	0.00399	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	88	6.352	8943616	95	15.297	1.23873	0.00399	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.x	49	6.352	4979968	85	15.297	0.86159	0.00275	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.x	49	6.352	4979968	85	15.297	0.86159	0.00275	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
C-1	4	8	tump.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	34	6.352	3455488	85	15.297	0.59784	0.0019	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	34	6.352	3455488	85	15.297	0.59784	0.0019	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
D-1	4	8	tump.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	50	6.352	5081600	85	15.297	0.87917	0.00281	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	50	6.352	5081600	85	15.297	0.87917	0.00281	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
E-4	4	8	tump.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	35	6.352	3557120	85	15.297	0.61542	0.00195	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	35	6.352	3557120	85	15.297	0.61542	0.00195	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
F-1	4	7	tump.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	50	6.352	5081600	85	15.297	0.87917	0.00281	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	50	6.352	5081600	85	15.297	0.87917	0.00281	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
G-2	4	7	tump.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	35	6.352	3557120	85	15.297	0.61542	0.00195	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	35	6.352	3557120	85	15.297	0.61542	0.00195	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
H-1	4	8	tump.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
I-1	4	8	tump.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	62	6.352	6301184	95	15.297	0.87274	0.00279	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.0045	382.5	10	D.10-200	393
			lap.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.0045	382.5	10	D.10-200	393
J-1	4	8	tump.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	85	6.352	8638720	95	15.297	1.1965	0.00385	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.0045	382.5	10	D.10-200	393
			lap.y	79	6.352	8028928	85	15.297	1.38909	0.0045	0.0045	382.5	10	D.10-200	393
K-1	2.4	4	tump.x	80	6.352	2927002	95	15.297	0.4054	0.00128	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			lap.x	80	6.352	2927002	95	15.297	0.4054	0.00128	0.00438	415.625	10	D.10-150	524
			tump.y	51	6.352	1865964	85	15.297	0.32283	0.00102	0.00438	371.875	10	D.10-200	393
			lap.y	51	6.352	1865964	85	15.297	0.32283	0.00102	0.00438	371.875	10	D.10-200	393

TABEL 3.4. DAFTAR PENAMPANG TULANGAN (dalam cm²) UNTUK LEBAR PELAT 100 cm

Jarak Tulangan (cm)	Diameter (mm)							
	6	8	10	12	14	16	19	22
7	403.714	717.714	1121.43	1614.86	2198	2870.86	4048.36	5427.71
7.5	376.8	669.867	1046.67	1507.2	2051.47	2679.47	3778.47	5065.87
8	353.25	628	981.25	1413	1923.25	2512	3542.31	4749.25
9	314	558.222	872.222	1256	1709.56	2232.89	3148.72	4221.56
10	282.6	502.4	785	1130.4	1538.6	2009.6	2833.85	3799.4
11	256.909	456.727	713.636	1027.64	1398.73	1826.91	2576.23	3454
12	235.5	418.667	654.167	942	1282.17	1674.67	2361.54	3166.17
12.5	226.08	401.92	628	904.32	1230.88	1607.68	2267.08	3039.52
13	217.385	386.462	603.846	869.538	1183.54	1545.85	2179.88	2922.62
14	201.857	358.857	560.714	807.429	1099	1435.43	2024.18	2713.86
15	188.4	334.933	523.333	753.6	1025.73	1339.73	1889.23	2532.93
16	176.625	314	490.625	706.5	961.625	1256	1771.16	2374.63
17	166.235	295.529	461.765	664.941	905.059	1182.12	1666.97	2234.94
17.5	161.486	287.086	448.571	645.943	879.2	1148.34	1619.34	2171.09
18	157	279.111	436.111	628	854.778	1116.44	1574.36	2110.78
19	148.737	264.421	413.158	594.947	809.789	1057.68	1491.5	1999.68
20	141.3	251.2	392.5	565.2	769.3	1004.8	1416.93	1899.7

ANALISA TANGGA TYPE I [KG-M]

:

SYSTEM

L=1

:

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0

3 X=1.925

13 X=0 Y=3.6 Z=2

15 X=1.925 Y=3.6 Z=2 Q=1 3 13 15 1 3

16 X=0 Y=3.601 Z=2

18 X=1.925

22 X=0 Y=5.6 Z=2

24 X=1.925 Y=5.6 Z=2 Q=16 18 22 24 1 3

:

RESTRAINTS

1 24 1 R=0,0,0,0,0

1 3 1 R=1,1,1,0,1,1

22 24 1 R=1,0,1,0,1,1

:

SHELL

NM=1 Z=-1.2 P=-1

1 E=2.35E9 W=2400

1 JQ=1 2 4 5 M=1 ETYPE=0 TH=0.22 G=2 4

9 JQ=13 14 16 17 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2 1

11 JQ=16 17 19 20 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2 2

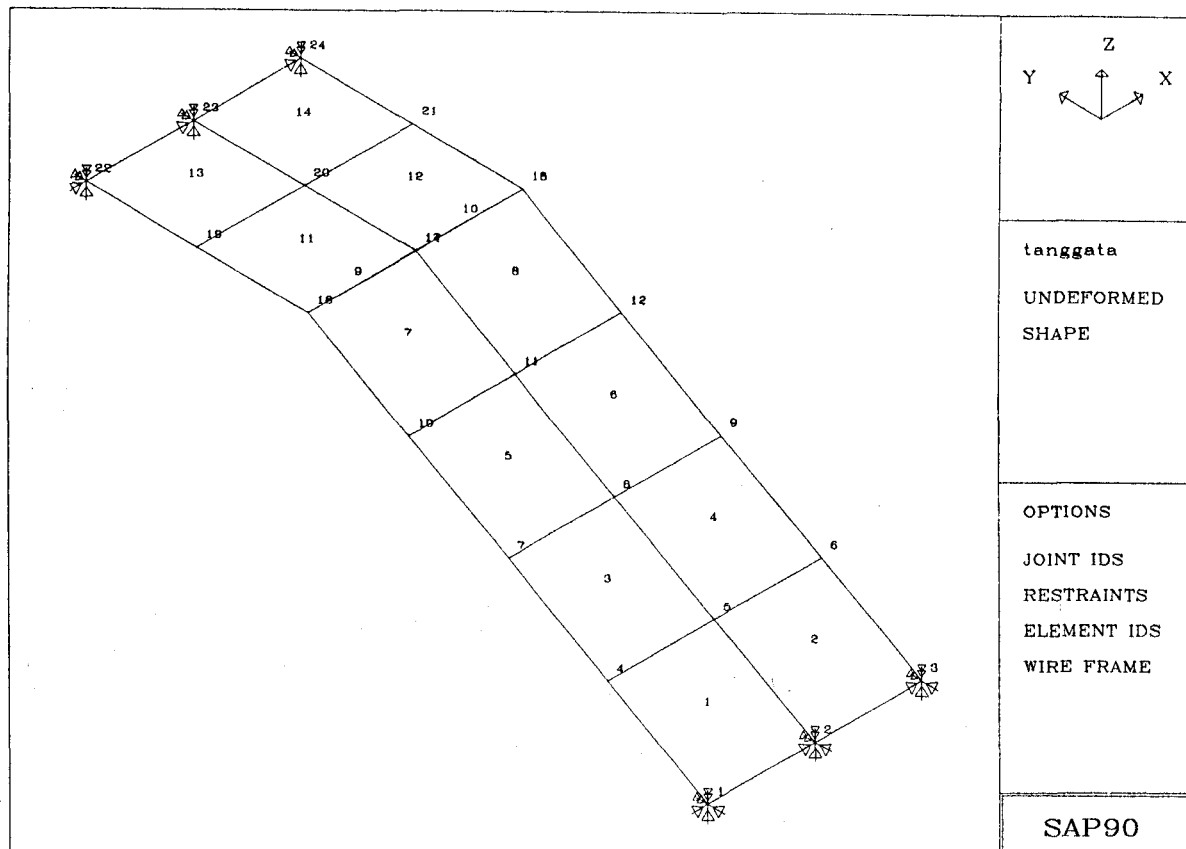
:

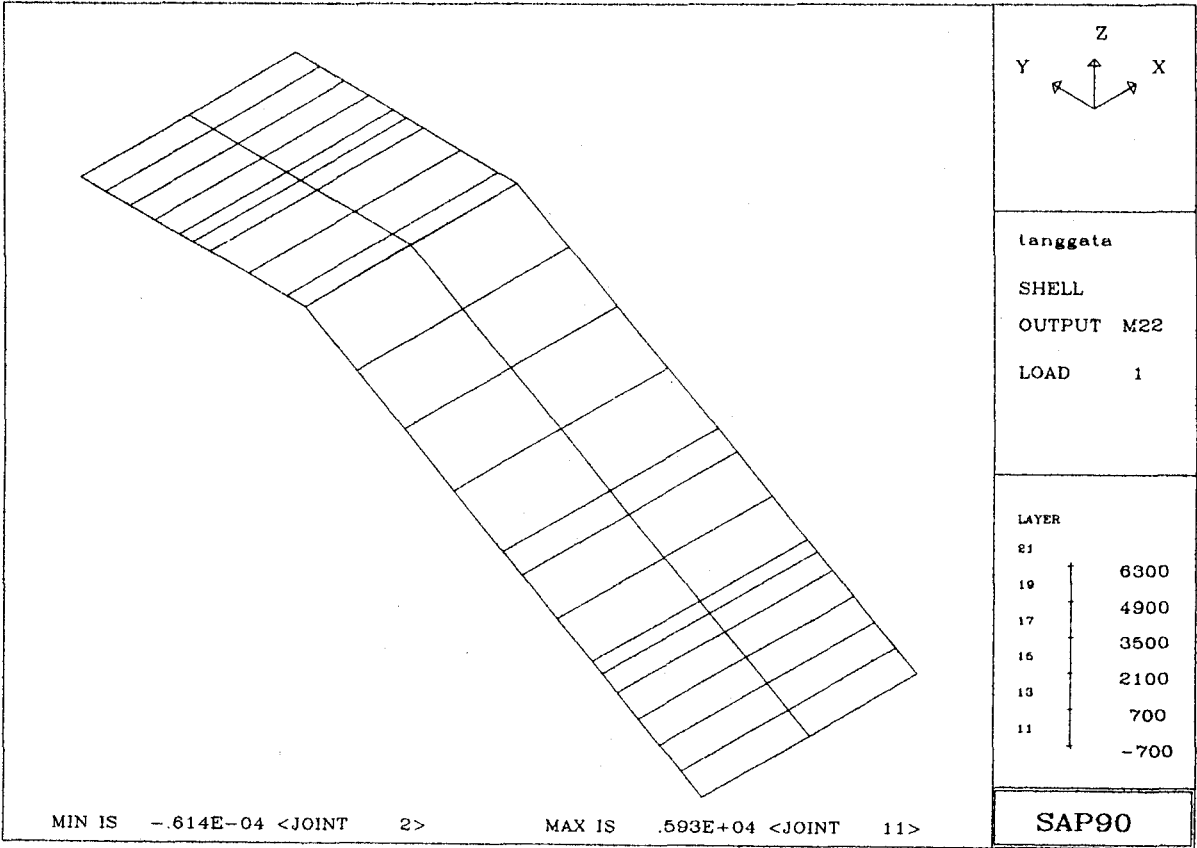
POTENTIAL

1 15 1 P=698.4 698.4

16 24 1 P=698.4 698.4

:





Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

PROGRAM:SAP90/FILE:TANGGATA.F4F

ANALISA TANGGA TYPE I [KG-M]

SHELL ELEMENT FORCES

MEMBRANE FORCES ARE IN FORCE PER UNIT LENGTH

BENDING MOMENTS ARE IN MOMENTS PER UNIT LENGTH

ELEMENT ID 1 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
1	1.2953E-09	-3.8401E+02	2.8792E-05	1.2975E-09	-3.8401E+02	.00
2	1.2953E-09	-3.8394E+02	-1.2711E-04	1.3374E-09	-3.8394E+02	.00
4	1.8387E-04	-3.8401E+02	-1.5463E-04	1.8387E-04	-3.8401E+02	.00
5	1.8387E-04	-3.8394E+02	-3.1053E-04	1.8387E-04	-3.8394E+02	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
1	0.0000E+00	-5.7190E-05	1.2266E-03	1.1983E-03	-1.2555E-03	44.33
2	0.0000E+00	-6.1361E-05	1.2208E-03	1.1905E-03	-1.2518E-03	44.28
4	-1.5569E-06	3.3026E+03	1.2305E-03	3.3026E+03	-1.5574E-06	90.00
5	-2.3416E-05	3.3026E+03	1.2247E-03	3.3026E+03	-2.3417E-05	90.00

ELEMENT ID 2 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
2	1.2953E-09	-3.8394E+02	-1.2711E-04	1.3374E-09	-3.8394E+02	.00
3	1.2953E-09	-3.8389E+02	-2.8302E-04	1.5039E-09	-3.8389E+02	.00
5	1.8387E-04	-3.8394E+02	-2.1731E-04	1.8387E-04	-3.8394E+02	.00
6	1.8387E-04	-3.8389E+02	-3.7322E-04	1.8387E-04	-3.8389E+02	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
2	0.0000E+00	-6.1361E-05	1.2151E-03	1.1848E-03	-1.2461E-03	44.28
3	0.0000E+00	-5.7190E-05	1.2092E-03	1.1810E-03	-1.2382E-03	44.32
5	-2.3345E-05	3.3026E+03	1.2112E-03	3.3026E+03	-2.3346E-05	90.00
6	-1.6279E-06	3.3026E+03	1.2053E-03	3.3026E+03	-1.6283E-06	90.00

ELEMENT ID 3 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
4	1.8387E-04	-6.7203E+01	-6.5834E-04	1.8388E-04	-6.7203E+01	.00
5	1.8387E-04	-6.7146E+01	-2.8214E-04	1.8387E-04	-6.7146E+01	.00
7	7.0162E-04	-6.7203E+01	-8.9862E-04	7.0164E-04	-6.7203E+01	.00
8	7.0163E-04	-6.7146E+01	-5.2243E-04	7.0163E-04	-6.7146E+01	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
4	-1.5568E-06	3.3026E+03	1.2448E-03	3.3026E+03	-1.5573E-06	90.00
5	-2.3416E-05	3.3026E+03	1.2246E-03	3.3026E+03	-2.3417E-05	90.00
7	-4.4302E-07	5.2778E+03	1.2645E-03	5.2778E+03	-4.4332E-07	90.00
8	-1.1056E-04	5.2778E+03	1.2444E-03	5.2778E+03	-1.1056E-04	90.00

TANGGA 1

ELEMENT ID 4 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
5	1.8387E-04	-6.7146E+01	-1.8892E-04	1.8387E-04	-6.7146E+01	.00
6	1.8387E-04	-6.7085E+01	1.8728E-04	1.8387E-04	-6.7085E+01	.00
8	7.0163E-04	-6.7146E+01	1.3571E-04	7.0163E-04	-6.7146E+01	.00
9	7.0162E-04	-6.7085E+01	5.1190E-04	7.0163E-04	-6.7085E+01	.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
5	-2.3345E-05	3.3026E+03	1.2112E-03	3.3026E+03	-2.3346E-05	90.00
6	-1.6278E-06	3.3026E+03	1.1911E-03	3.3026E+03	-1.6282E-06	90.00
8	-1.1084E-04	5.2778E+03	1.1913E-03	5.2778E+03	-1.1084E-04	90.00
9	-1.5919E-07	5.2778E+03	1.1712E-03	5.2778E+03	-1.5945E-07	90.00

ELEMENT ID 5 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
7	7.0161E-04	2.4960E+02	-2.9620E-04	2.4960E+02	7.0161E-04	-90.00
8	7.0161E-04	2.4965E+02	-5.3013E-04	2.4965E+02	7.0161E-04	-90.00
10	-5.8363E-03	2.4960E+02	1.4863E-03	2.4960E+02	-5.8363E-03	90.00
11	-5.8363E-03	2.4965E+02	1.2523E-03	2.4965E+02	-5.8363E-03	90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
7	-4.4245E-07	5.2778E+03	1.3429E-03	5.2778E+03	-4.4279E-07	90.00
8	-1.1056E-04	5.2778E+03	1.2426E-03	5.2778E+03	-1.1056E-04	90.00
10	-3.4148E-05	5.9256E+03	1.4602E-03	5.9256E+03	-3.4148E-05	90.00
11	-5.0588E-04	5.9256E+03	1.3599E-03	5.9256E+03	-5.0588E-04	90.00

ELEMENT ID 6 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
8	7.0161E-04	2.4965E+02	1.2800E-04	2.4965E+02	7.0161E-04	90.00
9	7.0161E-04	2.4971E+02	-1.0592E-04	2.4971E+02	7.0161E-04	-90.00
11	-5.8363E-03	2.4965E+02	-1.6874E-03	2.4965E+02	-5.8363E-03	-90.00
12	-5.8363E-03	2.4971E+02	-1.9214E-03	2.4971E+02	-5.8363E-03	-90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
8	-1.1084E-04	5.2778E+03	1.1894E-03	5.2778E+03	-1.1084E-04	90.00
9	-1.5861E-07	5.2778E+03	1.0892E-03	5.2778E+03	-1.5883E-07	90.00
11	-5.0482E-04	5.9256E+03	1.0611E-03	5.9256E+03	-5.0482E-04	90.00
12	-3.5212E-05	5.9256E+03	9.6084E-04	5.9256E+03	-3.5212E-05	90.00

ELEMENT ID 7 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
10	-5.8362E-03	5.6638E+02	5.3691E-03	5.6638E+02	-5.8363E-03	90.00
11	-5.8362E-03	5.6647E+02	1.2519E-03	5.6647E+02	-5.8362E-03	90.00
13	1.0315E-02	5.6638E+02	7.7398E-03	5.6638E+02	1.0314E-02	90.00
14	1.0314E-02	5.6647E+02	3.6228E-03	5.6647E+02	1.0314E-02	90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
10	-3.4145E-05	5.9256E+03	1.4928E-03	5.9256E+03	-3.4146E-05	90.00
11	-5.0589E-04	5.9256E+03	1.2063E-03	5.9256E+03	-5.0589E-04	90.00
13	4.9959E-05	5.2460E+03	9.8223E-04	5.2460E+03	4.9958E-05	90.00
14	-1.8159E-03	5.2460E+03	6.9572E-04	5.2460E+03	-1.8159E-03	90.00

ELEMENT ID 8 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
11	-5.8362E-03	5.6647E+02	-1.6878E-03	5.6647E+02	-5.8362E-03	-90.00
12	-5.8362E-03	5.6650E+02	-5.8049E-03	5.6650E+02	-5.8363E-03	-90.00
14	1.0314E-02	5.6647E+02	-4.0232E-03	5.6647E+02	1.0314E-02	-90.00
15	1.0315E-02	5.6650E+02	-8.1402E-03	5.6650E+02	1.0314E-02	-90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
11	-5.0482E-04	5.9256E+03	9.0747E-04	5.9256E+03	-5.0482E-04	90.00
12	-3.5210E-05	5.9256E+03	6.2095E-04	5.9256E+03	-3.5210E-05	90.00
14	-1.8199E-03	5.2460E+03	4.6135E-04	5.2460E+03	-1.8199E-03	90.00
15	5.3933E-05	5.2460E+03	1.7484E-04	5.2460E+03	5.3933E-05	90.00

ELEMENT ID 9 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
13	7.0327E-03	-7.1505E-02	2.5832E-03	7.1176E-03	-7.1590E-02	1.88
14	7.0327E-03	2.4820E-02	-2.3010E-04	2.4823E-02	7.0298E-03	-89.26
16	6.9872E-03	-7.1515E-02	-9.1416E-03	8.0377E-03	-7.2565E-02	-6.56
17	6.9872E-03	2.4809E-02	-1.1955E-02	3.0809E-02	9.8762E-04	-63.35

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
13	6.3008E-06	5.2460E+03	-5.3714E-05	5.2460E+03	6.3008E-06	-90.00
14	-5.6842E-04	5.2460E+03	1.3675E-05	5.2460E+03	-5.6842E-04	90.00
16	8.5927E-06	5.2445E+03	-5.5202E-05	5.2445E+03	8.5927E-06	-90.00
17	-5.7044E-04	5.2445E+03	1.2186E-05	5.2445E+03	-5.7044E-04	90.00

ELEMENT ID 10 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
14	7.0327E-03	2.4820E-02	7.5253E-03	2.7577E-02	4.2762E-03	69.88
15	7.0327E-03	2.1888E-02	4.7120E-03	2.3257E-02	5.6642E-03	73.80
17	6.9872E-03	2.4809E-02	-6.3010E-03	2.6812E-02	4.9845E-03	-72.37
18	6.9872E-03	2.1878E-02	-9.1143E-03	2.6201E-02	2.6638E-03	-64.62

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
14	-5.7097E-04	5.2460E+03	-6.0608E-05	5.2460E+03	-5.7097E-04	-90.00
15	8.8477E-06	5.2460E+03	6.7824E-06	5.2460E+03	8.8477E-06	90.00
17	-5.7043E-04	5.2445E+03	-6.1222E-05	5.2445E+03	-5.7043E-04	-90.00
18	8.5910E-06	5.2445E+03	6.1674E-06	5.2445E+03	8.5910E-06	90.00

ELEMENT ID 11 _____

LOAD COND 1 _____

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
16	6.9873E-03	-5.9261E-02	-2.1757E-02	1.3494E-02	-6.5767E-02	-16.65
17	6.9873E-03	1.2892E-02	-1.8794E-02	2.8964E-02	-9.0849E-03	-49.46
19	-4.1620E-03	-5.9261E-02	1.5421E-02	-1.3971E-04	-6.3283E-02	14.62
20	-4.1627E-03	1.2891E-02	1.8384E-02	2.4629E-02	-1.5901E-02	57.44

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
16	8.5957E-06	5.2445E+03	-2.9871E-04	5.2445E+03	8.5956E-06	-90.00
17	-5.7044E-04	5.2445E+03	-2.1038E-04	5.2445E+03	-5.7044E-04	-90.00
19	-7.1328E-06	3.1869E+03	-8.7352E-04	3.1869E+03	-7.1331E-06	-90.00
20	-1.8781E-04	3.1869E+03	-7.8519E-04	3.1869E+03	-1.8781E-04	-90.00

ELEMENT ID 12 _____

LOAD COND 1 _____

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
17	6.9873E-03	1.2892E-02	-1.3140E-02	2.3407E-02	-3.5280E-03	-51.33
18	6.9873E-03	3.3478E-02	-1.0177E-02	3.6936E-02	3.5291E-03	-71.23
20	-4.1620E-03	1.2892E-02	2.0825E-02	2.6868E-02	-1.8138E-02	56.13
21	-4.1627E-03	3.3478E-02	2.3788E-02	4.4990E-02	-1.5675E-02	64.18

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
17	-5.7044E-04	5.2445E+03	-2.8379E-04	5.2445E+03	-5.7044E-04	-90.00
18	8.5939E-06	5.2445E+03	-1.9546E-04	5.2445E+03	8.5938E-06	-90.00
20	-1.8781E-04	3.1869E+03	-6.5984E-04	3.1869E+03	-1.8781E-04	-90.00
21	-7.1324E-06	3.1869E+03	-5.7151E-04	3.1869E+03	-7.1325E-06	-90.00

ELEMENT ID 13 _____

LOAD COND 1 _____

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
19	-4.1624E-03	-4.6042E-02	3.5116E-02	1.5783E-02	-6.5988E-02	29.60
20	-4.1624E-03	3.2711E-04	3.5396E-02	3.3549E-02	-3.7385E-02	46.81
22	-9.0225E-07	-4.6042E-02	-5.5096E-02	3.6691E-02	-8.2734E-02	-33.66
23	8.7851E-07	3.2686E-04	-5.4817E-02	5.4981E-02	-5.4653E-02	-45.09

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
19	-7.1320E-06	3.1869E+03	-9.8947E-04	3.1869E+03	-7.1323E-06	-90.00
20	-1.8781E-04	3.1869E+03	-9.4254E-04	3.1869E+03	-1.8781E-04	-90.00
22	-3.5713E-11	1.5918E-02	-9.5618E-04	1.5976E-02	-5.7230E-05	-86.58
23	-9.4033E-10	1.5877E-02	-9.0925E-04	1.5929E-02	-5.1903E-05	-86.73

ELEMENT ID 14 _____

LOAD COND 1 _____

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
20	-4.1624E-03	3.2711E-04	3.7837E-02	3.5986E-02	-3.9821E-02	46.70
21	-4.1624E-03	4.5388E-02	3.8116E-02	6.6073E-02	-2.4848E-02	61.51
23	-9.4300E-07	3.2732E-04	-5.6505E-02	5.6668E-02	-5.6342E-02	-45.08
24	9.1925E-07	4.5388E-02	-5.6225E-02	8.3326E-02	-3.7938E-02	-55.99

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
20	-1.8781E-04	3.1869E+03	-8.1719E-04	3.1869E+03	-1.8781E-04	-90.00
21	-7.1315E-06	3.1869E+03	-7.7026E-04	3.1869E+03	-7.1317E-06	-90.00
23	-9.4033E-10	1.5877E-02	-8.6838E-04	1.5924E-02	-4.7356E-05	-86.88
24	-3.5711E-11	1.5923E-02	-8.2145E-04	1.5965E-02	-4.2266E-05	-87.05

ANALISA TANGGA TYPE II [KG-M]

:

SYSTEM

L=1

:

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0

3 X=1.925

13 X=0 Y=3.6 Z=2.5

15 X=1.925 Y=3.6 Z=2.5 Q=1 3 13 15 1 3

16 X=0 Y=3.601 Z=2.5

18 X=1.925

22 X=0 Y=5.6 Z=2.5

24 X=1.925 Y=5.6 Z=2.5 Q=16 18 22 24 1 3

:

RESTRAINTS

1 24 1 R=0,0,0,0,0

1 3 1 R=1,1,1,0,1,1

22 24 1 R=1,0,1,0,1,1

:

SHELL

NM=1 Z=-1.2 P=-1

1 E=2.35E9 W=2400

1 JQ=1 2 4 5 M=1 ETYPE=0 TH=0.22 G=2 4

9 JQ=13 14 16 17 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2 1

11 JQ=16 17 19 20 M=1 ETYPE=0 TH=0.15 G=2 2

:

POTENTIAL

1 15 1 P=698.4 698.4

16 24 1 P=698.4 698.4

:

Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
 PROGRAM:SAP90/FILE:TANGGATI.F4F
 ANALISA TANGGA TYPE II [KG-M]

SHELL ELEMENT FORCES

MEMBRANE FORCES ARE IN FORCE PER UNIT LENGTH
 BENDING MOMENTS ARE IN MOMENTS PER UNIT LENGTH

ELEMENT ID 1 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
1	-4.0608E-10	-4.2388E+02	-5.2654E-06	-4.0603E-10	-4.2388E+02	.00
2	-4.0608E-10	-4.2387E+02	5.3464E-05	-3.9935E-10	-4.2387E+02	.00
4	-2.8493E-05	-4.2388E+02	4.8048E-05	-2.8493E-05	-4.2388E+02	.00
5	-2.8494E-05	-4.2387E+02	1.0678E-04	-2.8494E-05	-4.2387E+02	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
1	0.0000E+00	-6.5163E-05	2.0459E-04	1.7459E-04	-2.3975E-04	40.48
2	0.0000E+00	-6.4194E-05	2.0567E-04	1.7606E-04	-2.4026E-04	40.57
4	3.5206E-07	3.6036E+03	2.0374E-04	3.6036E+03	3.5205E-07	90.00
5	4.5732E-06	3.6036E+03	2.0482E-04	3.6036E+03	4.5732E-06	90.00

ELEMENT ID 2 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
2	-4.0607E-10	-4.2387E+02	5.3464E-05	-3.9935E-10	-4.2387E+02	.00
3	-4.0607E-10	-4.2386E+02	1.1219E-04	-3.7639E-10	-4.2386E+02	.00
5	-2.8493E-05	-4.2387E+02	1.1399E-04	-2.8493E-05	-4.2387E+02	.00
6	-2.8494E-05	-4.2386E+02	1.7271E-04	-2.8494E-05	-4.2386E+02	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
2	0.0000E+00	-6.4194E-05	2.0668E-04	1.7706E-04	-2.4125E-04	40.59
3	0.0000E+00	-6.5163E-05	2.0776E-04	1.7772E-04	-2.4288E-04	40.54
5	4.5909E-06	3.6036E+03	2.0753E-04	3.6036E+03	4.5909E-06	90.00
6	3.3444E-07	3.6036E+03	2.0861E-04	3.6036E+03	3.3442E-07	90.00

ELEMENT ID 3 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
4	-2.8493E-05	-2.7882E+01	1.9986E-04	-2.8492E-05	-2.7882E+01	.00
5	-2.8493E-05	-2.7870E+01	9.4631E-05	-2.8493E-05	-2.7870E+01	.00
7	-3.4420E-04	-2.7882E+01	3.3316E-04	-3.4420E-04	-2.7882E+01	.00
8	-3.4421E-04	-2.7870E+01	2.2793E-04	-3.4420E-04	-2.7870E+01	.00
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
4	3.5205E-07	3.6036E+03	2.0052E-04	3.6036E+03	3.5204E-07	90.00
5	4.5733E-06	3.6036E+03	2.0482E-04	3.6036E+03	4.5733E-06	90.00
7	6.0398E-09	5.7439E+03	1.9579E-04	5.7439E+03	6.0331E-09	90.00
8	2.4505E-05	5.7439E+03	2.0009E-04	5.7439E+03	2.4505E-05	90.00

ELEMENT ID 4 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
5	-2.8493E-05	-2.7870E+01	1.0184E-04	-2.8493E-05	-2.7870E+01	.00
6	-2.8493E-05	-2.7858E+01	-3.3860E-06	-2.8493E-05	-2.7858E+01	.00
8	-3.4421E-04	-2.7870E+01	-6.4330E-05	-3.4421E-04	-2.7870E+01	.00
9	-3.4420E-04	-2.7858E+01	-1.6956E-04	-3.4420E-04	-2.7858E+01	.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
5	4.5909E-06	3.6036E+03	2.0754E-04	3.6036E+03	4.5909E-06	90.00
6	3.3442E-07	3.6036E+03	2.1184E-04	3.6036E+03	3.3441E-07	90.00
8	2.4435E-05	5.7439E+03	2.1227E-04	5.7439E+03	2.4435E-05	90.00
9	7.6236E-08	5.7439E+03	2.1657E-04	5.7439E+03	7.6227E-08	90.00

ELEMENT ID 5 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F1 1	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
7	-3.4420E-04	3.6812E+02	2.6044E-04	3.6812E+02	-3.4420E-04	90.00
8	-3.4420E-04	3.6813E+02	2.3159E-04	3.6813E+02	-3.4420E-04	90.00
10	2.0122E-03	3.6812E+02	-3.5130E-04	3.6812E+02	2.0122E-03	-90.00
11	2.0122E-03	3.6813E+02	-3.8015E-04	3.6813E+02	2.0122E-03	-90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
7	5.9145E-09	5.7439E+03	1.7537E-04	5.7439E+03	5.9090E-09	90.00
8	2.4506E-05	5.7439E+03	2.0018E-04	5.7439E+03	2.4506E-05	90.00
10	8.6324E-06	6.4208E+03	1.4152E-04	6.4208E+03	8.6324E-06	90.00
11	1.2885E-04	6.4208E+03	1.6633E-04	6.4208E+03	1.2885E-04	90.00

ELEMENT ID 6 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
8	-3.4420E-04	3.6813E+02	-6.0668E-05	3.6813E+02	-3.4420E-04	-90.00
9	-3.4420E-04	3.6814E+02	-8.9522E-05	3.6814E+02	-3.4420E-04	-90.00
11	2.0122E-03	3.6813E+02	5.5955E-04	3.6813E+02	2.0122E-03	90.00
12	2.0122E-03	3.6814E+02	5.3069E-04	3.6814E+02	2.0122E-03	90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
8	2.4435E-05	5.7439E+03	2.1235E-04	5.7439E+03	2.4435E-05	90.00
9	7.6120E-08	5.7439E+03	2.3716E-04	5.7439E+03	7.6110E-08	90.00
11	1.2912E-04	6.4208E+03	2.4687E-04	6.4208E+03	1.2912E-04	90.00
12	8.3685E-06	6.4208E+03	2.7168E-04	6.4208E+03	8.3685E-06	90.00

ELEMENT ID 7 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
10	2.0122E-03	7.6412E+02	-1.8409E-03	7.6412E+02	2.0122E-03	-90.00
11	2.0122E-03	7.6412E+02	-3.8162E-04	7.6412E+02	2.0122E-03	-90.00
13	-3.4063E-03	7.6412E+02	-2.6919E-03	7.6412E+02	-3.4063E-03	-90.00
14	-3.4063E-03	7.6412E+02	-1.2326E-03	7.6412E+02	-3.4063E-03	-90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
10	8.6319E-06	6.4208E+03	6.1241E-05	6.4208E+03	8.6319E-06	90.00
11	1.2885E-04	6.4208E+03	1.3951E-04	6.4208E+03	1.2885E-04	90.00
13	-1.1052E-05	5.6344E+03	-1.2844E-05	5.6344E+03	-1.1052E-05	-90.00
14	5.0494E-04	5.6344E+03	6.5422E-05	5.6344E+03	5.0494E-04	90.00

ELEMENT ID 8 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
11	2.0122E-03	7.6412E+02	5.5806E-04	7.6412E+02	2.0122E-03	90.00
12	2.0122E-03	7.6415E+02	2.0174E-03	7.6415E+02	2.0122E-03	90.00
14	-3.4063E-03	7.6412E+02	1.4104E-03	7.6412E+02	-3.4063E-03	90.00
15	-3.4063E-03	7.6415E+02	2.8697E-03	7.6415E+02	-3.4063E-03	90.00

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
11	1.2912E-04	6.4208E+03	2.2005E-04	6.4208E+03	1.2912E-04	90.00
12	8.3679E-06	6.4208E+03	2.9832E-04	6.4208E+03	8.3679E-06	90.00
14	5.0395E-04	5.6344E+03	1.1628E-04	5.6344E+03	5.0395E-04	90.00
15	-1.0066E-05	5.6344E+03	1.9455E-04	5.6344E+03	-1.0066E-05	90.00

ELEMENT ID 9 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
13	-2.3225E-03	-1.3654E-03	1.2621E-03	-4.9418E-04	-3.1938E-03	55.38
14	-2.3225E-03	-8.1747E-03	2.1767E-03	-1.6017E-03	-8.8956E-03	18.32
16	-2.3075E-03	-1.3617E-03	-1.8732E-03	9.7441E-05	-3.7666E-03	-52.08
17	-2.3075E-03	-8.1715E-03	-9.5864E-04	-2.1547E-03	-8.3243E-03	-9.05

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
13	2.6401E-07	5.6344E+03	5.0826E-05	5.6344E+03	2.6401E-07	90.00
14	1.5780E-04	5.6344E+03	2.3836E-05	5.6344E+03	1.5780E-04	90.00
16	-3.4354E-07	5.6327E+03	5.0762E-05	5.6327E+03	-3.4354E-07	90.00
17	1.5830E-04	5.6327E+03	2.3773E-05	5.6327E+03	1.5830E-04	90.00

ELEMENT ID 10 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
14	-2.3225E-03	-8.1748E-03	-3.2617E-04	-2.3044E-03	-8.1929E-03	-3.18
15	-2.3225E-03	1.7708E-02	5.8843E-04	1.7726E-02	-2.3398E-03	88.32
17	-2.3075E-03	-8.1715E-03	-2.8109E-03	-1.1777E-03	-9.3012E-03	-21.90
18	-2.3075E-03	1.7711E-02	-1.8963E-03	1.7889E-02	-2.4855E-03	-84.64

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
14	1.5837E-04	5.6344E+03	3.9957E-05	5.6344E+03	1.5837E-04	90.00
15	-3.0482E-07	5.6344E+03	1.2967E-05	5.6344E+03	-3.0482E-07	90.00
17	1.5830E-04	5.6327E+03	3.9644E-05	5.6327E+03	1.5830E-04	90.00
18	-3.4377E-07	5.6327E+03	1.2654E-05	5.6327E+03	-3.4377E-07	90.00

ELEMENT ID 11 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
16	-2.3075E-03	-5.4227E-03	-1.5077E-03	-1.6973E-03	-6.0329E-03	-22.03
17	-2.3075E-03	-4.2505E-03	-2.4869E-03	-6.0908E-04	-5.9489E-03	-34.33
19	1.3736E-03	-5.4227E-03	5.8744E-03	4.7619E-03	-8.8110E-03	29.98
20	1.3735E-03	-4.2505E-03	4.8953E-03	4.2069E-03	-7.0840E-03	30.06

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
16	-3.4434E-07	5.6327E+03	-2.9747E-05	5.6327E+03	-3.4434E-07	-90.00
17	1.5830E-04	5.6327E+03	-5.4914E-05	5.6327E+03	1.5830E-04	-90.00
19	1.5678E-06	3.3810E+03	-8.6478E-05	3.3810E+03	1.5678E-06	-90.00
20	5.1850E-05	3.3810E+03	-1.1164E-04	3.3810E+03	5.1850E-05	-90.00

ELEMENT ID 12 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F1 1	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
17	-2.3075E-03	-4.2505E-03	-4.3391E-03	1.1676E-03	-7.7256E-03	-38.69
18	-2.3075E-03	1.3924E-02	-5.3183E-03	1.5511E-02	-3.8948E-03	-73.38
20	1.3736E-03	-4.2504E-03	4.0868E-03	3.5224E-03	-6.3992E-03	27.73
21	1.3734E-03	1.3924E-02	3.1077E-03	1.4651E-02	6.4607E-04	76.83

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
17	1.5830E-04	5.6327E+03	-3.9044E-05	5.6327E+03	1.5830E-04	-90.00
18	-3.4456E-07	5.6327E+03	-6.4211E-05	5.6327E+03	-3.4456E-07	-90.00
20	5.1850E-05	3.3810E+03	-1.4593E-04	3.3810E+03	5.1850E-05	-90.00
21	1.5678E-06	3.3810E+03	-1.7109E-04	3.3810E+03	1.5678E-06	-90.00

ELEMENT ID 13 -----

LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
19	1.3735E-03	-9.8395E-03	8.7665E-03	6.1730E-03	-1.4639E-02	28.70
20	1.3735E-03	-1.0846E-04	8.6754E-03	9.3395E-03	-8.0744E-03	42.56
22	-2.0520E-07	-9.8395E-03	-1.2421E-02	8.4397E-03	-1.8279E-02	-34.20
23	2.1303E-07	-1.0850E-04	-1.2512E-02	1.2458E-02	-1.2566E-02	-44.88

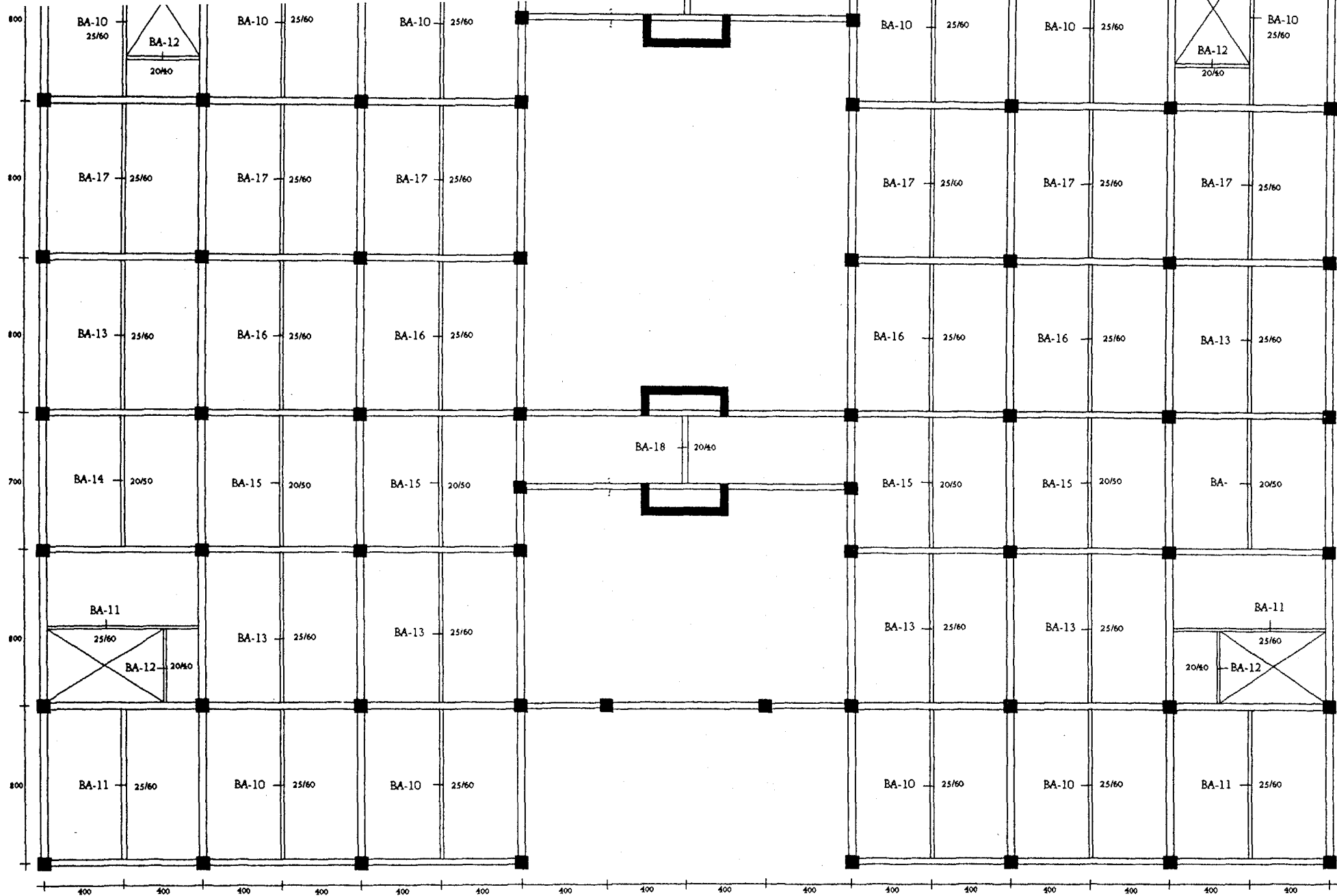
JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
19	1.5675E-06	3.3810E+03	-1.2586E-04	3.3810E+03	1.5675E-06	-90.00
20	5.1850E-05	3.3810E+03	-1.3872E-04	3.3810E+03	5.1850E-05	-90.00
22	7.8494E-12	1.6861E-02	-1.3889E-04	1.6862E-02	-1.1440E-06	-89.53
23	2.5960E-10	1.6873E-02	-1.5175E-04	1.6874E-02	-1.3644E-06	-89.49

ELEMENT ID 14 -----

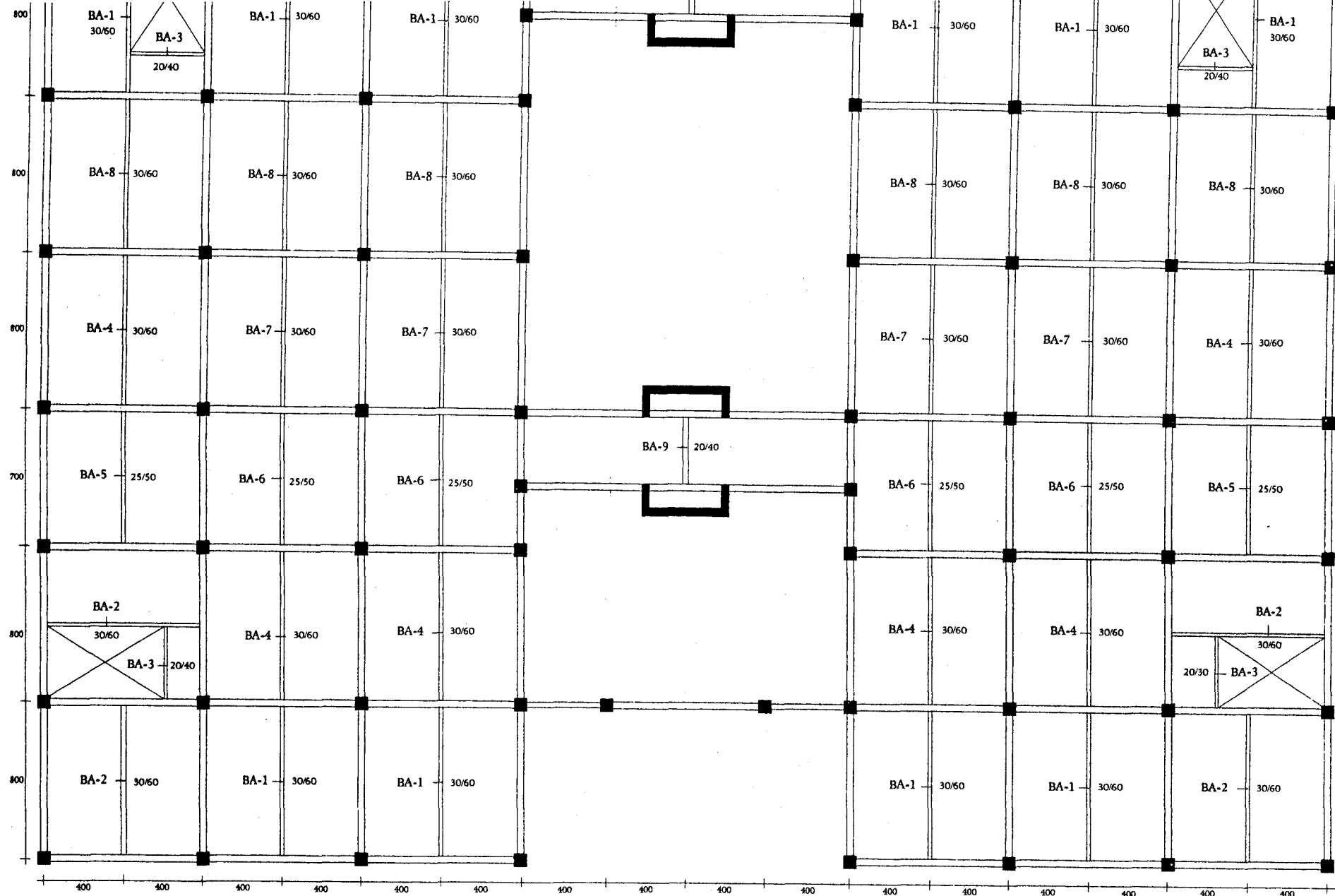
LOAD COND 1 -----

JOINT	F11	F22	F12	FMAX	FMIN	ANGLE
20	1.3735E-03	-1.0846E-04	7.8670E-03	8.5344E-03	-7.2693E-03	42.31
21	1.3735E-03	1.0056E-02	7.7759E-03	1.4621E-02	-3.1908E-03	59.59
23	-1.9172E-07	-1.0840E-04	-1.1955E-02	1.1900E-02	-1.2009E-02	-44.87
24	1.9955E-07	1.0056E-02	-1.2046E-02	1.8081E-02	-8.0246E-03	-56.33

JOINT	M11	M22	M12	MMAX	MMIN	ANGLE
20	5.1850E-05	3.3810E+03	-1.7300E-04	3.3810E+03	5.1850E-05	-90.00
21	1.5676E-06	3.3810E+03	-1.8586E-04	3.3810E+03	1.5676E-06	-90.00
23	2.5960E-10	1.6873E-02	-1.6305E-04	1.6875E-02	-1.5752E-06	-89.45
24	7.8497E-12	1.6862E-02	-1.7591E-04	1.6863E-02	-1.8350E-06	-89.40



DENAH BALOK ANAK ATAP



DENAH BALOK ANAK LANTAI 1 - 6

$I_c = 25 \text{ mra}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$
 $S_{min} = 50.3 \text{ cm}$

sengkang = D-10
 $A_{vada} = 157.1 \text{ mm}^2$
 Decking = 40 mm

Type Balok Anal	Dimensi		Δ	V_1	Daerah	d (mm)	q _u (kg)	V _u (kg)	ϕV_c (kg)	ϕV_s (kg)	S _{perin} (mm)	S _{max} (mm)	S _{pasang} (mm)	A _{v,min} (mm ²)	A _l (mm ²)	A _{l/3} (mm ²)
	b (mm)	h (mm)														
BA-1	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
	300	600	210	510	Lap +	539	4949.1	8957.81	8085	872.81	1862.714	269.5	250	78.13	225	75
	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
BA-2	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
	300	600	210	510	Lap +	539	4949.1	8957.81	8085	872.81	1862.714	269.5	250	78.13	225	75
	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
BA-3	200	400	110	310	Tump -	341	2950.5	5901.07	3405	2496.1	411.4702	170.25	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Lap +	341	2950.5	2670.23	3405	-734.77	-1397.8	170.25	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Tump -	341	2950.5	5901.07	3405	2496.1	411.4702	170.25	170	35.42	87.5	29.167
BA-4	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
	300	600	210	510	Lap +	539	4949.1	8957.81	8085	872.81	1862.714	269.5	250	78.13	225	75
	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
BA-5	250	500	160	410	Tump -	439	4719.2	18876.8	5487.5	13389	98.89754	219.5	95	24.74	148.4	49.479
	250	500	160	410	Lap +	439	4719.2	8541.73	5487.5	3054.2	433.5507	219.5	210	54.69	148.4	49.479
	250	500	160	410	Tump -	439	4719.2	18876.8	5487.5	13389	98.89754	219.5	95	24.74	148.4	49.479
BA-6	250	500	160	410	Tump -	439	4719.2	18876.8	5487.5	13389	98.89754	219.5	95	24.74	148.4	49.479
	250	500	160	410	Lap +	439	4719.2	8541.73	5487.5	3054.2	433.5507	219.5	210	54.69	148.4	49.479
	250	500	160	410	Tump -	439	4719.2	18876.8	5487.5	13389	98.89754	219.5	95	24.74	148.4	49.479
BA-7	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
	300	600	210	510	Lap +	539	4949.1	8957.81	8085	872.81	1862.714	269.5	250	78.13	225	75
	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
BA-8	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
	300	600	210	510	Lap +	539	4949.1	8957.81	8085	872.81	1862.714	269.5	250	78.13	225	75
	300	600	210	510	Tump -	539	4949.1	19796.3	8085	11711	138.8233	269.5	130	40.63	225	75
BA-9	200	400	110	310	Tump -	341	3989.9	15959.5	3405	12554	81.80809	170.25	80	16.67	87.5	29.167
	200	400	110	310	Lap +	341	3989.9	7221.66	3405	3816.7	269.0985	170.25	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Tump -	341	3989.9	15959.5	3405	12554	81.80809	170.25	80	16.67	87.5	29.167

$f'_c = 25 \text{ MPa}$ $\rho_{\min} = 0.004375$

Sengkang = D-10

 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Tul. utama = D-22

 $m = 15.2975$ $\rho_{\max} = 0.02718$

Decking = 40 mm

Type Balok Anak	Dimensi Balok		Daerah	d (mm)	Qa (kg/m)	Mu (kg-m)	Rn (MPa)	m	ρ_{perlu}	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan Pakai	As _{ada} (mm ²)	δE (mm)	Kontrol Batok T a (mm)
	b (mm)	h (mm)												
BA-1	300	600	Tump -	539	4949.1	1.32E+04	1.8928	15.298	0.00621	1004.1	3-D.22	1140	2000	20.03576
	300	600	Lap +	539	4949.1	2.88E+04	4.1297	15.298	0.014517	2347.5	7-D.22	2661		
	300	600	Tump -	539	4949.1	3.17E+04	4.5427	15.298	0.016204	2620.2	7-D.22	2661		
BA-2	300	600	Tump -	539	4949.1	1.32E+04	1.8928	15.298	0.00621	1004.1	3-D.22	1140	2000	17.17459
	300	600	Lap +	539	4949.1	2.64E+04	3.7856	15.298	0.013153	2126.9	6-D.22	2281		
	300	600	Tump -	539	4949.1	1.32E+04	1.8928	15.298	0.00621	1004.1	3-D.22	1140		
BA-3	200	400	Tump -	340.5	2950.5	1.97E+03	1.0604	15.298	0.003402	231.69	3-D.19	851	1000	12.81506
	200	400	Lap +	340.5	2950.5	3.93E+03	2.1207	15.298	0.007002	476.86	3-D.19	851		
	200	400	Tump -	340.5	2950.5	1.97E+03	1.0604	15.298	0.003402	231.69	3-D.19	851		
BA-4	300	600	Tump -	539	4949.1	3.17E+04	4.5427	15.298	0.016204	2620.2	7-D.22	2661	2000	14.31341
	300	600	Lap +	539	4949.1	1.98E+04	2.8392	15.298	0.009573	1548	5-D.22	1901		
	300	600	Tump -	539	4949.1	2.88E+04	4.1297	15.298	0.014517	2347.5	7-D.22	2661		
BA-5	250	500	Tump -	439	4719.2	9.64E+03	2.4997	15.298	0.008344	915.78	3-D.22	1140	1750	19.62810
	250	500	Lap +	439	4719.2	2.10E+04	5.454	15.298	0.020149	2211.3	6-D.22	2281		
	250	500	Tump -	439	4719.2	2.31E+04	5.9994	15.298	0.022684	2489.5	7-D.22	2661		
BA-6	250	500	Tump -	439	4719.2	2.10E+04	5.454	15.298	0.020149	2211.3	6-D.22	2281	1750	13.08827
	250	500	Lap +	439	4719.2	1.45E+04	3.7496	15.298	0.013013	1428.1	4-D.22	1521		
	250	500	Tump -	439	4719.2	2.10E+04	5.454	15.298	0.020149	2211.3	6-D.22	2281		
BA-7	300	600	Tump -	539	4949.1	2.88E+04	4.1297	15.298	0.014517	2347.5	7-D.22	2661	2000	14.31341
	300	600	Lap +	539	4949.1	1.98E+04	2.8392	15.298	0.009573	1548	5-D.22	1901		
	300	600	Tump -	539	4949.1	2.88E+04	4.1297	15.298	0.014517	2347.5	7-D.22	2661		
BA-8	300	600	Tump -	539	4949.1	2.88E+04	4.1297	15.298	0.014517	2347.5	7-D.22	2661	2000	14.31341
	300	600	Lap +	539	4949.1	1.98E+04	2.8392	15.298	0.009573	1548	5-D.22	1901		
	300	600	Tump -	539	4949.1	3.17E+04	4.5427	15.298	0.016204	2620.2	7-D.22	1661		
BA-9	200	400	Tump -	340.5	3989.9	2.66E+03	1.4339	15.298	0.004646	316.39	3-D.19	851	1000	12.81506
	200	400	Lap +	340.5	3989.9	5.32E+03	2.8678	15.298	0.009678	659.08	3-D.19	851		
	200	400	Tump -	340.5	3989.9	2.66E+03	1.4339	15.298	0.004646	316.39	3-D.19	851		

TABEL 5.1.2 Perhitungan tulangan utama balok anak atap

 $f_c' = 25 \text{ MPa}$ $\rho_{\min} = 0.004375$

Sengkang = D-10

 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Tul. utama = D-19

 $m = 15.2975$ $\rho_{\max} = 0.02718$

Decking = 40 mm

Type Balok Anak	Dimensi Balok		Daerah	d (mm)	Q _u (kg/m)	M _u (kg-m)	R _n (MPa)	m	P _{perlu}	A _{s_{perlu}} (mm ²)	Tulangan Pakai	A _{s_{ada}} (mm ²)	bE (mm)	Kontrol Balok T _a (mm)
	B (mm)	h (mm)												
BA-10	250	600	Tump -	540.5	3761.1	1.00E+04	1.7166	15.298	0.005604	757.31	3-D.19	1140	2000	14.94588
	250	600	Lap +	540.5	3761.1	2.19E+04	3.7452	15.298	0.012996	1756	7-D.19	1985		
	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.41E+04	4.1197	15.298	0.014477	1956.2	7-D.19	1985		
BA-11	250	600	Tump -	540.5	3761.1	1.00E+04	1.7166	15.298	0.005604	757.31	3-D.19	1140	2000	12.80753
	250	600	Lap +	540.5	3761.1	2.01E+04	3.4331	15.298	0.011792	1593.4	6-D.19	1701		
	250	600	Tump -	540.5	3761.1	1.00E+04	1.7166	15.298	0.005604	757.31	3-D.19	1985		
BA-12	200	400	Tump -	342	2356.5	1.57E+03	0.8395	15.298	0.002678	183.19	3-D.16	603	1000	9.08047
	200	400	Lap +	342	2356.5	3.14E+03	1.679	15.298	0.005476	374.57	3-D.16	603		
	200	400	Tump -	342	2356.5	1.57E+03	0.8395	15.298	0.002678	183.19	3-D.16	603		
BA-13	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.41E+04	4.1197	15.298	0.014477	1956.2	7-D.19	1985	2000	11.45224
	250	600	Lap +	540.5	3761.1	1.50E+04	2.5748	15.298	0.008614	1164	4-D.19	1521		
	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.19E+04	3.7452	15.298	0.012996	1756	7-D.19	1985		
BA-14	200	500	Tump -	440.5	3564.3	7.28E+03	2.3439	15.298	0.007789	686.19	3-D.19	1140	1750	14.63718
	200	500	Lap +	440.5	3564.3	1.59E+04	5.114	15.298	0.018638	1642	6-D.19	1701		
	200	500	Tump -	440.5	3564.3	1.75E+04	5.6254	15.298	0.02093	1843.9	7-D.19	1985		
BA-15	200	500	Tump -	440.5	3564.3	1.59E+04	5.114	15.298	0.018638	1642	6-D.19	1701	1750	9.80975
	200	500	Lap +	440.5	3564.3	1.09E+04	3.5159	15.298	0.012109	1066.8	3-D.19	1140		
	200	500	Tump -	440.5	3564.3	1.59E+04	5.114	15.298	0.018638	1642	6-D.19	1701		
BA-16	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.19E+04	3.7452	15.298	0.012996	1756	7-D.19	1985	2000	11.45224
	250	600	Lap +	540.5	3761.1	1.50E+04	2.5748	15.298	0.008614	1164	4-D.19	1521		
	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.19E+04	3.7452	15.298	0.012996	1756	7-D.19	1985		
BA-17	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.19E+04	3.7452	15.298	0.012996	1756	7-D.19	1985	2000	11.45224
	250	600	Lap +	540.5	3761.1	1.50E+04	2.5748	15.298	0.008614	1164	4-D.19	1521		
	250	600	Tump -	540.5	3761.1	2.41E+04	4.1197	15.298	0.014477	1956.2	7-D.19	1985		
BA-18	200	400	Tump -	342	3125.9	2.08E+03	1.1135	15.298	0.003578	244.72	3-D.16	603	1000	9.08047
	200	400	Lap +	342	3125.9	4.17E+03	2.2271	15.298	0.007376	504.5	3-D.16	603		
	200	400	Tump -	342	3125.9	2.08E+03	1.1135	15.298	0.003578	244.72	3-D.16	603		

TABEL 5.1.4 Perhitungan tulangan Geser - Torsi balok anak atap

$f_c' = 25 \text{ MPa}$

Senggang = D-10

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$A_{vada} = 157.1 \text{ mm}^2$

$S_{min} = 50.3 \text{ cm}$

Decking = 40 mm

Type Balok	Dimensi				Daerah	d (mm)	q _u (kg)	V _u (kg)	φV _c (kg)	φV _s (kg)	S _{perlu} (mm)	S _{min} (mm)	S _{pasang} (mm)	A _{v,min} (mm ²)	A _v (mm ²)	A _v /3 (mm ²)
BA-10	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
	250	600	160	510	Lap +	541	3761.1	6807.53	6756.3	51.281	31792.12	270.25	250	65.1	174.5	58.16
	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
BA-11	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
	250	600	160	510	Lap +	541	3761.1	6807.53	6756.3	51.281	31792.12	270.25	250	65.1	174.5	58.16
	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
BA-12	200	400	110	310	Tump -	342	2356.5	4713.07	3420	1293.1	797.779	171	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Lap +	342	2356.5	2132.66	3420	-1287.3	-801.33	171	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Tump -	342	2356.5	4713.07	3420	1293.1	797.779	171	170	35.42	87.5	29.167
BA-13	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
	250	600	160	510	Lap +	541	3761.1	6807.53	6756.3	51.281	31792.12	270.25	250	65.1	174.5	58.16
	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
BA-14	200	500	110	410	Tump -	441	3564.3	14257	4405	9852	134.8649	220.25	130	27.08	108.3	36.111
	200	500	110	410	Lap +	441	3564.3	6451.29	4405	2046.3	649.3151	220.25	210	43.75	108.3	36.111
	200	500	110	410	Tump -	441	3564.3	14257	4405	9852	134.8649	220.25	130	27.08	108.3	36.111
BA-15	200	500	110	410	Tump -	441	3564.3	14257	4405	9852	134.8649	220.25	130	27.08	108.3	36.111
	200	500	110	410	Lap +	441	3564.3	6451.29	4405	2046.3	649.3151	220.25	210	43.75	108.3	36.111
	200	500	110	410	Tump -	441	3564.3	14257	4405	9852	134.8649	220.25	130	27.08	108.3	36.111
BA-16	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
	250	600	160	510	Lap +	541	3761.1	6807.53	6756.3	51.281	31792.12	270.25	250	65.1	174.5	58.16
	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
BA-17	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
	250	600	160	510	Lap +	541	3761.1	6807.53	6756.3	51.281	31792.12	270.25	250	65.1	174.5	58.16
	250	600	160	510	Tump -	541	3761.1	15044.3	6756.3	8288	196.7082	270.25	190	49.48	174.5	58.16
BA-18	200	400	110	310	Tump -	342	3125.9	12503.5	3420	9083.5	113.5669	171	100	20.83	87.5	29.167
	200	400	110	310	Lap +	342	3125.9	5657.82	3420	2237.8	460.9763	171	170	35.42	87.5	29.167
	200	400	110	310	Tump -	342	3125.9	12503.5	3420	9083.5	113.5669	171	100	20.83	87.5	29.167

TABEL 6. Perhitungan Pusat Massa dan Momen Inersia Lantai 2 - 6

Elemen	M (kg.dit2/m)	b (m)	d (m)	x (m)	y (m)	M . x	M . y	x' (m)	y' (m)	D ²	M M I _o	M M I
kolom 80x80	626.30	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	23.91	1595.69	66.81	999445.77
	626.30	0.80	0.80	8.00	0.00	5010.40	0.00	24.00	23.91	1147.69	66.81	718863.51
	626.30	0.80	0.80	16.00	0.00	10020.80	0.00	16.00	23.91	827.69	66.81	518447.61
	626.30	0.80	0.80	24.00	0.00	15031.19	0.00	8.00	23.91	635.69	66.81	398198.07
	626.30	0.80	0.80	0.00	8.00	0.00	5010.40	32.00	15.91	1277.13	66.81	799931.74
	626.30	0.80	0.80	8.00	8.00	5010.40	5010.40	24.00	15.91	829.13	66.81	519349.48
	626.30	0.80	0.80	16.00	8.00	10020.80	5010.40	16.00	15.91	509.13	66.81	318933.58
	626.30	0.80	0.80	24.00	8.00	15031.19	5010.40	8.00	15.91	317.13	66.81	198684.04
	626.30	0.80	0.80	0.00	16.00	0.00	10020.80	32.00	7.91	1086.57	66.81	680584.07
	626.30	0.80	0.80	8.00	16.00	5010.40	10020.80	24.00	7.91	638.57	66.81	400001.81
	626.30	0.80	0.80	16.00	16.00	10020.80	10020.80	16.00	7.91	318.57	66.81	199585.91
	626.30	0.80	0.80	24.00	16.00	15031.19	10020.80	8.00	7.91	126.57	66.81	79336.37
	626.30	0.80	0.80	24.00	19.00	15031.19	11899.69	8.00	4.91	88.11	66.81	55248.88
	626.30	0.80	0.80	0.00	23.00	0.00	14404.89	32.00	0.91	1024.83	66.81	641916.33
	626.30	0.80	0.80	8.00	23.00	5010.40	14404.89	24.00	0.91	576.83	66.81	361334.07
	626.30	0.80	0.80	16.00	23.00	10020.80	14404.89	16.00	0.91	256.83	66.81	160918.17
	626.30	0.80	0.80	24.00	23.00	15031.19	14404.89	8.00	0.91	64.83	66.81	40668.62
	626.30	0.80	0.80	0.00	31.00	0.00	19415.29	32.00	-7.09	1074.27	66.81	672880.59
	626.30	0.80	0.80	8.00	31.00	5010.40	19415.29	24.00	-7.09	626.27	66.81	392298.32
	626.30	0.80	0.80	16.00	31.00	10020.80	19415.29	16.00	-7.09	306.27	66.81	191882.42
	626.30	0.80	0.80	24.00	31.00	15031.19	19415.29	8.00	-7.09	114.27	66.81	71632.88
	626.30	0.80	0.80	0.00	39.00	0.00	24425.69	32.00	-15.09	1251.71	66.81	784011.21
	626.30	0.80	0.80	8.00	39.00	5010.40	24425.69	24.00	-15.09	803.71	66.81	503428.94
	626.30	0.80	0.80	16.00	39.00	10020.80	24425.69	16.00	-15.09	483.71	66.81	303013.04
	626.30	0.80	0.80	24.00	39.00	15031.19	24425.69	8.00	-15.09	291.71	66.81	182763.50
	626.30	0.80	0.80	24.00	43.00	15031.19	26930.89	8.00	-19.09	428.43	66.81	268391.19
	626.30	0.80	0.80	0.00	47.00	0.00	29436.09	32.00	-23.09	1557.15	66.81	975308.18
	626.30	0.80	0.80	8.00	47.00	5010.40	29436.09	24.00	-23.09	1109.15	66.81	694725.92
	626.30	0.80	0.80	16.00	47.00	10020.80	29436.09	16.00	-23.09	789.15	66.81	494310.02
	626.30	0.80	0.80	24.00	47.00	15031.19	29436.09	8.00	-23.09	597.15	66.81	374060.48
	626.30	0.80	0.80	28.00	8.00	17536.39	5010.40	4.00	15.91	269.13	66.81	168621.65
	626.30	0.80	0.80	36.00	8.00	22546.79	5010.40	-4.00	15.91	269.13	66.81	168621.65
	626.30	0.80	0.80	28.00	47.00	17536.39	29436.09	4.00	-23.09	549.15	66.81	343998.09
	626.30	0.80	0.80	36.00	47.00	22546.79	29436.09	-4.00	-23.09	549.15	66.81	343998.09
	626.30	0.80	0.80	40.00	0.00	25051.99	0.00	-8.00	23.91	635.69	66.81	398198.07
	626.30	0.80	0.80	48.00	0.00	30062.39	0.00	-16.00	23.91	827.69	66.81	518447.61
	626.30	0.80	0.80	56.00	0.00	35072.78	0.00	-24.00	23.91	1147.69	66.81	718863.51
	626.30	0.80	0.80	64.00	0.00	40083.18	0.00	-32.00	23.91	1595.69	66.81	999445.77
	626.30	0.80	0.80	40.00	8.00	25051.99	5010.40	-8.00	15.91	317.13	66.81	198684.04
	626.30	0.80	0.80	48.00	8.00	30062.39	5010.40	-16.00	15.91	509.13	66.81	318933.58
	626.30	0.80	0.80	56.00	8.00	35072.78	5010.40	-24.00	15.91	829.13	66.81	519349.48
	626.30	0.80	0.80	64.00	8.00	40083.18	5010.40	-32.00	15.91	1277.13	66.81	799931.74
	626.30	0.80	0.80	40.00	16.00	25051.99	10020.80	-8.00	7.91	126.57	66.81	79336.37
	626.30	0.80	0.80	48.00	16.00	30062.39	10020.80	-16.00	7.91	318.57	66.81	199585.91
	626.30	0.80	0.80	56.00	16.00	35072.78	10020.80	-24.00	7.91	638.57	66.81	400001.81
	626.30	0.80	0.80	64.00	16.00	40083.18	10020.80	-32.00	7.91	1086.57	66.81	680584.07
	626.30	0.80	0.80	40.00	19.00	25051.99	11899.69	-8.00	4.91	88.11	66.81	55248.88
	626.30	0.80	0.80	48.00	23.00	25051.99	14404.89	-8.00	0.91	64.83	66.81	40668.62
	626.30	0.80	0.80	56.00	23.00	30062.39	14404.89	-16.00	0.91	256.83	66.81	160918.17
	626.30	0.80	0.80	64.00	23.00	35072.78	14404.89	-24.00	0.91	576.83	66.81	361334.07
	626.30	0.80	0.80	40.00	31.00	25051.99	19415.29	-8.00	-7.09	1024.83	66.81	641916.33
	626.30	0.80	0.80	48.00	31.00	30062.39	19415.29	-16.00	-7.09	306.27	66.81	191882.42
	626.30	0.80	0.80	56.00	31.00	35072.78	19415.29	-24.00	-7.09	626.27	66.81	392298.32
	626.30	0.80	0.80	64.00	31.00	40083.18	19415.29	-32.00	-7.09	1074.27	66.81	672880.59
	626.30	0.80	0.80	40.00	39.00	25051.99	24425.69	-8.00	-15.09	291.71	66.81	182763.50
	626.30	0.80	0.80	48.00	39.00	30062.39	24425.69	-16.00	-15.09	483.71	66.81	303013.04
	626.30	0.80	0.80	56.00	39.00	35072.78	24425.69	-24.00	-15.09	803.71	66.81	503428.94
	626.30	0.80	0.80	64.00	39.00	40083.18	24425.69	-32.00	-15.09	1251.71	66.81	784011.21
	626.30	0.80	0.80	40.00	43.00	25051.99	26930.89	-8.00	-19.09	428.43	66.81	268391.19
	626.30	0.80	0.80	48.00	47.00	30062.39	29436.09	-16.00	-23.09	789.15	66.81	494310.02
	626.30	0.80	0.80	56.00	47.00	35072.78	29436.09	-24.00	-23.09	1109.15	66.81	694725.92
	626.30	0.80	0.80	64.00	47.00	40083.18	29436.09	-32.00	-23.09	1557.15	66.81	975308.18
	626.30	0.80	0.80	24.00	47.00	15031.19	29436.09	8.00	-23.09	597.15	66.81	374060.48
Tembok 800x15	15.13	24.00	0.15	12.00	0.00	181.54	0.00	20.00	23.91	971.69	726.19	15426.32
	4740.24	0.15	47.00	0.00	23.50	0.00	111395.75	32.00	0.41	1024.17	872608.92	5727416.28
	806.85	0.15	8.00	4.00	4.00	3227.40	3227.40	28.00	19.91	1180.41	4304.71	956717.17
	806.85	0.15	8.00	8.00	4.00	6454.80	3227.40	24.00	19.91	972.41	4304.71	788892.34
	806.85	0.15	8.00	12.00	4.00	9682.20	3227.40	20.00	19.91	796.41	4304.71	646886.71
	806.85	0.15	8.00	16.00	4.00	12909.60	3227.40	16.00	19.91	652.41	4304.71	530700.29
	806.85	0.15	8.00	20.00	4.00	16137.00	3227.40	12.00	19.91	540.41	4304.71	440333.07
	1916.27	0.15	19.00	24.00	9.50	45990.46	18204.56	8.00	14.41	271.65	57651.36	578202.22
	15.13	64.00	0.15	32.00	8.00	484.11	121.03	0.00	15.91	253.13	5163.87	8993.30
	15.13	12.00	0.15	14.00	10.00	211.80	151.28	18.00	13.91	517.49	181.57	8010.36
	15.13	24.00	0.15	12.00	12.00	181.54	181.54	20.00	11.91	541.85	726.19	8923.51
	2319.69	0.15	23.00	10.00	35.50	23196.94	82349.14	22.00	-11.59	618.33	102264.20	1536596.30
	2319.69	0.15	23.00	12.00	23.50	27836.33	54512.81	20.00	0.41	400.17	102264.20	1030531.82
	15.13	24.00	0.15	12.00	16.00	181.54	242.06	20.00	7.91	462.57	726.19	7724.13
	15.13	28.00	0.15	14.00	19.00	211.80	287.44	18.00	4.91	348.11	988.42	6254.75
	15.13	28.00	0.15	14.00	23.00	211.80	347.95	18.00	0.91	324.83	988.42	5902.56
	15.13	24.00	0.15	12.00	27.00	181.54	408.47	20.00	-3.09	409.55	726.19	6922.02
	2017.13	0.15	20.00	24.00	33.00	48411.01	66565.14	8.00	-9.09	146.63	67241.29	363008.56

TABEL 6. (LANJUTAN) Perhitungan Pusat Massa dan Momen Inersia Lantai 2 - 6

Elemen	M (kg.d(2/m)	b (m)	d (m)	x (m)	y (m)	M . x	M . y	x' (m)	y' (m)	D ²	MMI _o	MMI
	15.13	24.00	0.15	12.00	31.00	181.54	468.98	20.00	-7.09	450.27	726.19	7538.05
	15.13	24.00	0.15	12.00	35.00	181.54	529.50	20.00	-11.09	522.99	726.19	8638.19
	15.13	12.00	0.15	14.00	37.00	211.80	559.75	18.00	-13.09	495.35	181.57	7675.41
	15.13	24.00	0.15	12.00	39.00	181.54	590.01	20.00	-15.09	627.71	726.19	10222.44
	806.85	0.15	8.00	4.00	43.00	3227.40	34694.56	28.00	-19.09	1148.43	4304.71	930914.10
	806.85	0.15	8.00	8.00	43.00	6454.80	34694.56	24.00	-19.09	940.43	4304.71	763089.27
	806.85	0.15	8.00	12.00	43.00	9682.20	34694.56	20.00	-19.09	764.43	4304.71	621083.64
	806.85	0.15	8.00	16.00	43.00	12909.60	34694.56	16.00	-19.09	620.43	4304.71	504897.22
	806.85	0.15	8.00	20.00	43.00	16137.00	34694.56	12.00	-19.09	508.43	4304.71	414530.00
	15.13	64.00	0.15	32.00	47.00	484.11	711.04	0.00	-23.09	533.15	5163.87	13229.57
	15.13	6.00	0.15	27.00	43.00	408.47	650.52	5.00	-19.09	389.43	45.41	5936.85
	15.13	6.00	0.15	37.00	43.00	559.75	650.52	-5.00	-19.09	389.43	45.41	5936.85
	15.13	24.00	0.15	52.00	0.00	786.68	0.00	-20.00	23.91	971.69	726.19	15426.32
	1916.27	0.15	19.00	40.00	9.50	76650.76	18204.56	-8.00	14.41	271.65	57651.36	578202.22
	806.85	0.15	8.00	44.00	4.00	35501.41	3227.40	-12.00	19.91	540.41	4304.71	440333.07
	806.85	0.15	8.00	48.00	4.00	38728.81	3227.40	-16.00	19.91	652.41	4304.71	530700.29
	806.85	0.15	8.00	52.00	4.00	41956.21	3227.40	-20.00	19.91	796.41	4304.71	646886.71
	15.13	0.15	8.00	56.00	4.00	847.19	60.51	-24.00	19.91	972.41	80.71	14791.73
	15.13	0.15	8.00	60.00	4.00	907.71	60.51	-28.00	19.91	1180.41	80.71	17938.45
	4740.24	0.15	47.00	64.00	23.50	303375.66	111395.75	-32.00	0.41	1024.17	872608.92	5727416.28
	15.13	12.00	0.15	50.00	10.00	756.42	151.28	-18.00	13.91	517.49	181.57	8010.36
	15.13	24.00	0.15	52.00	12.00	786.68	181.54	-20.00	11.91	541.85	726.19	8923.51
	2319.69	0.15	23.00	52.00	23.50	120624.10	54512.81	-20.00	0.41	400.17	102264.20	1030531.82
	2319.69	0.15	23.00	54.00	23.50	125263.49	54512.81	-22.00	0.41	484.17	102264.20	1225386.13
	15.13	24.00	0.15	52.00	16.00	786.68	242.06	-20.00	7.91	462.57	726.19	7724.13
	15.13	28.00	0.15	48.00	19.00	726.17	287.44	-16.00	4.91	280.11	988.42	5226.02
	15.13	28.00	0.15	48.00	23.00	726.17	347.95	-16.00	0.91	256.83	988.42	4873.83
	15.13	24.00	0.15	52.00	27.00	786.68	408.47	-20.00	-3.09	409.55	726.19	6922.02
	15.13	24.00	0.15	52.00	31.00	786.68	468.98	-20.00	-7.09	450.27	726.19	7538.05
	15.13	24.00	0.15	52.00	35.00	786.68	529.50	-20.00	-11.09	522.99	726.19	8638.19
	15.13	12.00	0.15	54.00	37.00	816.94	559.75	-22.00	-13.09	655.35	181.57	10095.96
	15.13	24.00	0.15	52.00	39.00	786.68	590.01	-20.00	-15.09	627.71	726.19	10222.44
	2017.13	0.15	20.00	40.00	43.00	80685.02	86736.39	-8.00	-19.09	428.43	67241.29	931434.49
	806.85	0.15	8.00	44.00	43.00	35501.41	34694.56	-12.00	-19.09	508.43	4304.71	414530.00
	806.85	0.15	8.00	48.00	43.00	38728.81	34694.56	-16.00	-19.09	620.43	4304.71	504897.22
	806.85	0.15	8.00	52.00	43.00	41956.21	34694.56	-20.00	-19.09	764.43	4304.71	621083.64
	806.85	0.15	8.00	56.00	43.00	45183.61	34694.56	-24.00	-19.09	940.43	4304.71	763089.27
	806.85	0.15	8.00	60.00	43.00	48411.01	34694.56	-28.00	-19.09	1148.43	4304.71	930914.10
Pelat t = 12	56035.88	16.00	47.00	16.00	23.50	896574.11	1316843.22	16.00	0.41	256.17	11510704.04	25865309.40
	4769.01	8.00	8.00	4.00	4.00	19076.04	19076.04	28.00	19.91	1180.41	50869.45	5680248.92
	4172.88	8.00	7.00	4.00	19.50	16691.54	81371.25	28.00	4.41	803.45	39294.67	3391991.04
	715.35	2.40	4.00	6.80	10.00	4864.39	7153.52	25.20	13.91	828.53	1297.17	593986.14
	9538.02	8.00	16.00	4.00	31.00	38152.09	295678.70	28.00	-7.09	834.27	254347.26	8211615.11
	2384.51	4.00	8.00	2.00	43.00	4769.01	102533.74	30.00	-19.09	1264.43	15896.70	3030932.60
	715.35	4.00	2.40	6.00	40.50	4292.11	28971.74	26.00	-16.59	951.23	1297.17	681759.79
	2384.51	8.00	4.00	4.00	14.00	9538.02	33383.08	28.00	9.91	882.21	15896.70	2119526.86
	4769.01	16.00	4.00	32.00	21.00	152608.36	100149.24	0.00	2.91	8.47	108097.59	148482.05
	4769.01	16.00	4.00	32.00	45.00	152608.36	214605.50	0.00	-21.09	444.79	108097.59	2229297.02
	56035.88	16.00	47.00	48.00	23.00	2689722.32	1288825.28	-16.00	0.91	256.83	11510704.04	25902293.09
	4769.01	8.00	8.00	60.00	4.00	286140.67	19076.04	-28.00	19.91	1180.41	50869.45	5680248.92
	715.35	2.40	4.00	57.50	10.00	41132.72	7153.52	-25.50	13.91	843.74	1297.17	604866.64
	2384.51	8.00	4.00	60.00	14.00	143070.34	33383.08	-28.00	9.91	882.21	15896.70	2119526.86
	4769.01	8.00	8.00	60.00	19.50	286140.67	92995.72	-28.00	4.41	803.45	50869.45	3882522.45
	9538.02	8.00	16.00	60.00	31.00	572281.35	295678.70	-28.00	-7.09	834.27	254347.26	8211615.11
Balok Induk	715.35	4.00	2.40	58.00	40.50	41490.40	28971.74	-26.00	-16.59	951.23	1297.17	681759.79
	2384.51	4.00	8.00	62.00	43.00	147839.35	102533.74	-30.00	-19.09	1264.43	15896.70	3030932.60
	1878.90	24.00	0.40	12.00	0.00	22546.79	0.00	20.00	23.91	971.69	90212.21	1915916.09
	1878.90	24.00	0.40	12.00	8.00	22546.79	15031.19	20.00	15.91	653.13	90212.21	1317374.00
	1878.90	24.00	0.40	12.00	16.00	22546.79	30062.39	20.00	7.91	462.57	90212.21	959330.99
	1878.90	24.00	0.40	12.00	23.00	22546.79	58245.87	20.00	-7.09	450.27	90212.21	936220.53
	1878.90	24.00	0.40	12.00	31.00	22546.79	73277.06	20.00	-15.09	627.71	90212.21	1269612.38
	1878.90	24.00	0.40	12.00	39.00	22546.79	88308.26	20.00	-23.09	933.15	90212.21	1843503.32
	1878.90	24.00	0.40	12.00	47.00	22546.79	15031.19	20.00	15.91	653.13	90212.21	1317374.00
	313.15	4.00	0.20	26.00	8.00	8141.90	2505.20	6.00	15.91	289.13	418.58	90959.00
	626.30	8.00	0.40	32.00	8.00	20041.59	5010.40	0.00	15.91	253.13	3348.62	161882.67
	313.15	4.00	0.20	38.00	8.00	11899.69	5949.85	-6.00	4.91	60.11	418.58	19241.42
	469.72	6.00	0.30	27.00	19.00	12682.57	8924.77	5.00	4.91	49.11	1412.70	24479.99
	176.15	4.00	0.20	32.00	19.00	5636.70	3346.79	0.00	4.91	24.11	235.45	4482.01
	469.72	6.00	0.30	35.00	19.00	16440.37	8924.77	-3.00	4.91	33.11	1412.70	16964.39
	469.72	6.00	0.30	27.00	23.00	12682.57	10803.67	5.00	0.91	25.83	1412.70	13544.80
Balok Induk	313.15	4.00	0.20	32.00	23.00	10020.80	7202.45	0.00	0.91	0.83	418.58	677.90
	469.72	6.00	0.30	35.00	23.00	16440.37	10803.67	-3.00	0.91	9.83	1412.70	6029.20
	469.72	6.00	0.30	27.00	43.00	12682.57	20198.17	5.00	-19.09	389.43	1412.70	184336.72
	313.15	4.00	0.20	32.00	43.00	10020.80	13465.44	0.00	-19.09	364.43	418.58	114539.18
	469.72	6.00	0.30	35.00	43.00	16440.37	20198.17	-3.00	-19.09	373.43	1412.70	176821.13
	313.15	4.00	0.20	26.00	47.00	8141.90	14718.04	6.00	-23.09	569.15	418.58	178647.22
	626.30	8.00	0.40	32.00	47.00	20041.59	29436.09	0.00	-23.09	533.15	3348.62	337259.11
	313.15	4.00	0.20	38.00	47.00	11899.69	14718.04	-6.00	-23.09	569.15	418.58	178647.22

TABEL 6. (LANJUTAN) Perhitungan Pusat Massa dan Momen Inersia Lantai 2 - 6

Elemen	M (kg.d2/m)	b (m)	d (m)	x (m)	y (m)	M . x	M . y	x' (m)	y' (m)	D ²	MMI _o	MMI
Balok Anak	1878.90	24.00	0.40	52.00	0.00	97702.75	0.00	-20.00	23.91	971.69	90212.21	1915916.09
	1878.90	24.00	0.40	52.00	8.00	97702.75	15031.19	-20.00	15.91	653.13	90212.21	1317374.00
	1878.90	24.00	0.40	52.00	16.00	97702.75	30062.39	-20.00	7.91	462.57	90212.21	959330.99
	1878.90	24.00	0.40	52.00	23.00	97702.75	43214.68	-20.00	0.91	400.83	90212.21	843327.76
	1878.90	24.00	0.40	52.00	31.00	97702.75	58245.87	-20.00	-7.09	450.27	90212.21	936220.53
	1878.90	24.00	0.40	52.00	39.00	97702.75	73277.06	-20.00	-15.09	627.71	90212.21	1269612.38
	1878.90	24.00	0.40	52.00	47.00	97702.75	88308.26	-20.00	-23.09	933.15	90212.21	1843503.32
	1252.60	0.40	16.00	0.00	8.00	0.00	10020.80	32.00	15.91	1277.13	26738.82	1626468.70
	1252.60	0.40	16.00	8.00	8.00	10020.80	10020.80	24.00	15.91	829.13	26738.82	1065304.17
	1252.60	0.40	16.00	16.00	8.00	20041.59	10020.80	16.00	15.91	509.13	26738.82	664472.37
	1252.60	0.40	16.00	24.00	8.00	30062.39	10020.80	8.00	15.91	317.13	26738.82	423973.29
	548.01	0.35	7.00	0.00	19.50	0.00	10686.24	32.00	4.41	1043.45	2243.31	574065.63
	548.01	0.35	7.00	8.00	19.50	4384.10	10686.24	24.00	4.41	595.45	2243.31	328556.15
	548.01	0.35	7.00	16.00	19.50	8768.20	10686.24	16.00	4.41	275.45	2243.31	153192.24
	548.01	0.20	7.00	24.00	19.50	13152.29	10686.24	8.00	4.41	83.45	2239.54	47970.12
	1878.90	0.40	24.00	0.00	35.00	0.00	65761.47	32.00	-11.09	1146.99	90212.21	2245287.10
	1878.90	0.40	24.00	8.00	35.00	15031.19	65761.47	24.00	-11.09	698.99	90212.21	1403540.31
	1878.90	0.40	24.00	16.00	35.00	30062.39	65761.47	16.00	-11.09	378.99	90212.21	802292.60
	1252.60	0.40	16.00	24.00	31.00	30062.39	38830.58	8.00	-7.09	114.27	26738.82	169870.97
	626.30	0.20	8.00	24.00	43.00	15031.19	26930.89	8.00	-19.09	428.43	3342.35	271666.74
	1252.60	0.40	16.00	40.00	8.00	50103.98	10020.80	-8.00	15.91	317.13	26738.82	423973.29
	1252.60	0.40	16.00	48.00	8.00	60124.77	10020.80	-16.00	15.91	509.13	26738.82	664472.37
	1252.60	0.40	16.00	56.00	8.00	70145.57	10020.80	-24.00	15.91	829.13	26738.82	1065304.17
	1252.60	0.40	16.00	64.00	8.00	80166.36	10020.80	-32.00	15.91	1277.13	26738.82	1626468.70
	548.01	0.20	7.00	40.00	19.50	21920.49	10686.24	-8.00	4.41	83.45	2239.54	47970.12
	548.01	0.35	7.00	48.00	19.50	26304.59	10686.24	-16.00	4.41	275.45	2243.31	153192.24
	548.01	0.35	7.00	56.00	19.50	30688.69	10686.24	-24.00	4.41	595.45	2243.31	328556.15
	548.01	0.35	7.00	64.00	19.50	35072.78	10686.24	-32.00	4.41	1043.45	2243.31	574065.63
	1252.60	0.40	16.00	40.00	31.00	50103.98	38830.58	-8.00	-7.09	114.27	26738.82	169870.97
	1878.90	0.40	24.00	48.00	35.00	90187.16	65761.47	-16.00	-11.09	378.99	90212.21	802292.60
	1878.90	0.40	24.00	56.00	35.00	105218.35	65761.47	-24.00	-11.09	698.99	90212.21	1403540.31
	1878.90	0.40	24.00	64.00	35.00	120249.54	65761.47	-32.00	-11.09	1146.99	90212.21	2245287.10
	626.30	0.20	8.00	40.00	43.00	25051.99	26930.89	-8.00	-19.09	428.43	3342.35	271666.74
	352.29	0.25	8.00	4.00	4.00	1409.17	1409.17	28.00	19.91	1180.41	1880.73	417730.93
	704.59	0.25	16.00	12.00	8.00	8455.05	5636.70	20.00	15.91	653.13	15034.86	475220.53
	704.59	0.25	16.00	20.00	8.00	14091.74	5636.70	12.00	15.91	397.13	15034.86	294846.22
	176.15	0.20	4.00	5.60	10.00	986.42	1761.47	26.40	13.91	890.45	235.45	157085.02
	352.29	8.00	0.25	4.00	12.00	1409.17	4227.52	28.00	11.91	925.85	1880.73	328051.07
	308.26	0.25	7.00	4.00	19.50	1233.03	6011.01	28.00	4.41	803.45	1260.32	248928.73
	308.26	0.25	7.00	12.00	19.50	3699.08	6011.01	20.00	4.41	419.45	1260.32	130558.08
	308.26	0.25	7.00	20.00	19.50	6165.14	6011.01	12.00	4.41	163.45	1260.32	51644.32
	1056.88	0.25	24.00	4.00	35.00	4227.52	36990.83	28.00	-11.09	906.99	50735.78	1009314.03
	1056.88	0.25	24.00	12.00	35.00	12682.57	36990.83	20.00	-11.09	522.99	50735.78	603471.83
	1056.88	0.25	24.00	20.00	35.00	21137.61	36990.83	12.00	-11.09	266.99	50735.78	332910.36
	176.15	4.00	0.20	6.00	41.40	1056.88	7292.48	26.00	-17.49	981.90	235.45	173194.00
	176.15	0.20	4.00	32.00	21.00	5636.70	3699.08	0.00	2.91	8.47	235.45	1727.08
	176.15	0.20	4.00	32.00	45.00	5636.70	7926.61	0.00	-21.09	444.79	235.45	78583.45
	704.59	0.25	16.00	44.00	8.00	31001.83	5636.70	-12.00	15.91	397.13	15034.86	294846.22
	704.59	0.25	16.00	52.00	8.00	36638.53	5636.70	-20.00	15.91	653.13	15034.86	475220.53
	352.29	0.25	8.00	60.00	4.00	12137.61	1409.17	-28.00	19.91	1180.41	1880.73	417730.93
	176.15	0.20	4.00	58.00	10.00	10216.51	1761.47	-26.00	13.91	869.49	235.45	153392.99
	352.29	8.00	0.25	60.00	12.00	21137.61	4227.52	-28.00	11.91	925.85	1880.73	328051.07
	308.26	0.25	7.00	44.00	19.50	13563.30	6011.01	-12.00	4.41	163.45	1260.32	51644.32
	308.26	0.25	7.00	52.00	19.50	16029.36	6011.01	-20.00	4.41	419.45	1260.32	130558.08
	308.26	0.25	7.00	60.00	19.50	18495.41	6011.01	-28.00	4.41	803.45	1260.32	248928.73
	1056.88	0.25	24.00	44.00	35.00	46502.75	36990.83	-12.00	-11.09	266.99	50735.78	332910.36
	1056.88	0.25	24.00	52.00	35.00	54957.80	36990.83	-20.00	-11.09	522.99	50735.78	603471.83
	1056.88	0.25	24.00	60.00	35.00	63412.84	36990.83	-28.00	-11.09	906.99	50735.78	1009314.03
	176.15	4.00	0.20	58.00	41.40	10216.51	7292.48	-26.00	-17.49	981.90	235.45	173194.00
Shear Wall t = 30	391.44	0.20	2.00	30.00	18.00	11743.12	7045.87	2.00	5.91	38.93	131.78	15369.69
	743.73	3.80	0.20	32.00	17.00	23799.39	12643.43	0.00	6.91	47.75	897.44	36409.17
	391.44	0.20	2.00	34.00	18.00	13308.87	7045.87	-2.00	5.91	38.93	131.78	15369.69
	391.44	0.20	2.00	30.00	24.00	11743.12	9394.50	2.00	-0.09	4.01	131.78	1700.70
	743.73	3.80	0.20	32.00	25.00	23799.39	18593.27	0.00	-1.09	1.19	897.44	1781.06
	391.44	0.20	2.00	34.00	24.00	13308.87	9394.50	-2.00	-0.09	4.01	131.78	1700.70
	391.44	0.20	2.00	30.00	42.00	11743.12	16440.37	2.00	-18.09	331.25	131.78	129794.65
	743.73	3.80	0.20	32.00	41.00	23799.39	30492.97	0.00	-17.09	292.07	897.44	218117.50
Anak Tangga	1702.78	1.75	3.60	4.88	3.30	8309.57	5619.17	-4.88	-3.30	34.70	2273.57	61367.53
	1702.78	1.75	3.60	59.12	3.30	100668.36	5619.17	-59.12	-3.30	3506.96	2273.57	5972330.05
	1702.78	1.75	3.60	4.88	44.70	8309.57	76114.27	-4.88	-44.70	2021.90	2273.57	3445132.02
	1702.78	1.75	3.60	59.12	44.70	100668.36	76114.27	-59.12	-44.70	5493.26	2273.57	9356094.55
Bordes	226.11	1.75	1.50	4.88	0.75	1103.41	169.58	-4.88	-0.75	24.38	100.10	5611.93
	226.11	1.75	1.50	59.12	0.75	13367.54	169.58	-59.12	-0.75	3495.74	100.10	790516.15
	226.11	1.75	1.50	4.88	47.25	1103.41	10683.63	-4.88	-47.25	2256.38	100.10	510286.24
	226.11	1.75	1.50	59.12	47.25	13367.54	10683.63	-59.12	-47.25	5727.74	100.10	1295190.46
TOTAL :	404129.42					12931126.36	9660966.79				35300342.44	258246217.60

$$X_o = 32.00$$

$$Y_o = 23.91$$

$$MMI = MMI_o + M (X_o^2 + Y_o^2)$$

$$= 258246217.60$$

Tabel 7.1. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN MOMEN KAPASITAS BALOK PORTAL 6

f_c' = 24.61 MPa
 f_y = 320 MPa
 m = 15.2975

ρ_{min} = 0.00438
 ρ_{maks} = 0.02718
decking = 40 mm

Balok Induk	Dimensi (cm ²)	hE (mm)	Daerah	Mu (Nmm)	Ru (MPa)	ρ _b	ρ'	ρ	A _{s,perlu} (mm ²)	Tulangan Pakai	A _{s,ada} (mm ²)	Momen Kapasitas (Nmm)	
												Negatif	Positif
As 6 - AB Lantai 1	400 x 800	2000	Tump ki -	603.6E+6	1.743	0.0057	0.00597	0.0117	3432.822	7 D-25	3436	1.19E+09	5.72E+08
			Tump ka +		1.743	0.0057	0.00597	0.0117	1756.439	4 D-25	1963		
			Lap	231.8E+6	.67	0.00213	0.00229	0.0044	1367.881	3 D-25	1473		
			Tump ka -	592.4E+6	1.711	0.00559	0.00586	0.0114	3367.87	7 D-25	3436		
			Tump ka +		1.711	0.00559	0.00586	0.0114	1724.339	4 D-25	1963		
As 6 - BC Lantai 1	400 x 800	2000	Tump ki -	813.2E+6	2.349	0.00781	0.00805	0.0159	4663.617	10 D-25	4909	1.57E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.349	0.00781	0.00805	0.0159	2367.036	5 D-25	2454		
			Lap	425.6E+6	1.229	0.00396	0.00421	0.0082	2511.519	6 D-25	2945		
			Tump ka -	802.3E+6	2.317	0.00769	0.00794	0.0156	4599.651	10 D-25	4909		
			Tump ka +		2.317	0.00769	0.00794	0.0156	2335.329	5 D-25	2454		
As 6 - CD Lantai 1	400 x 800	2000	Tump ki -	708.4E+6	2.046	0.00674	0.00701	0.0138	4045.427	9 D-25	4418	1.45E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.046	0.00674	0.00701	0.0138	2061.988	5 D-25	2454		
			Lap	378.1E+6	1.092	0.00351	0.00374	0.0072	2231.216	5 D-25	2454		
			Tump ka -	702.8E+6	2.03	0.00669	0.00695	0.0136	4012.554	9 D-25	4418		
			Tump ka +		2.03	0.00669	0.00695	0.0136	2045.687	5 D-25	2454		
As 6 - DE Lantai 1	200 X 400	1000	Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +		.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473		
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473		
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
			Tump ka +		.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473		
As 6 - EF Lantai 1	400 x 800	2000	Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25	1963		
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
As 6 - AB Lantai 2	400 x 800	2000	Tump ki -	591.2E+6	1.708	0.00557	0.00585	0.0114	3360.694	7 D-25	3436	1.19E+09	5.72E+08
			Tump ka +		1.708	0.00557	0.00585	0.0114	1720.846	4 D-25	1963		
			Lap	230.3E+6	.665	0.00211	0.00228	0.0044	1359.029	3 D-25	1473		
			Tump ka -	632.9E+6	1.828	0.00599	0.00626	0.0122	3603.549	7 D-25	3436		
			Tump ka +		1.828	0.00599	0.00626	0.0122	1842.225	4 D-25	1963		
As 6 - BC Lantai 2	400 x 800	2000	Tump ki -	831.9E+6	2.403	0.008	0.00823	0.0162	4774.535	10 D-25	4909	1.57E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.403	0.008	0.00823	0.0162	2421.467	5 D-25	2454		
			Lap	424.3E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0081	2503.848	6 D-25	2945		
			Tump ka -	829.2E+6	2.395	0.00797	0.0082	0.0162	4758.508	10 D-25	4909		
			Tump ka +		2.395	0.00797	0.0082	0.0162	2413.658	5 D-25	2454		
As 6 - CD Lantai 2	400 x 800	2000	Tump ki -	758.4E+6	2.191	0.00725	0.0075	0.0148	4339.65	9 D-25	4418	1.45E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.191	0.00725	0.0075	0.0148	2207.526	5 D-25	2454		
			Lap	374.5E+6	1.082	0.00347	0.00371	0.0072	2209.571	5 D-25	2454		
			Tump ka -	695.1E+6	2.008	0.00661	0.00688	0.0135	3967.379	9 D-25	4418		
			Tump ka +		2.008	0.00661	0.00688	0.0135	2023.274	5 D-25	2454		
As 6 - DE Lantai 2	200 X 400	1000	Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +		.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473		
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473		
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
			Tump ka +		.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473		
As 6 - EF Lantai 2	400 x 800	2000	Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25	1963		
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
As 6 - AB Lantai 3	400 x 800	2000	Tump ki -	547.8E+6	1.582	0.00515	0.00542	0.0106	3108.822	7 D-25	3436	1.19E+09	5.72E+08
			Tump ka +		1.582	0.00515	0.00542	0.0106	1594.338	4 D-25	1963		
			Lap	230.7E+6	.666	0.00212	0.00228	0.0044	1361.59	3 D-25	1473		
			Tump ka -	602.9E+6	1.741	0.00569	0.00596	0.0117	3428.748	7 D-25	3436		
			Tump ka +		1.741	0.00569	0.00596	0.0117	1754.902	4 D-25	1963		
As 6 - BC Lantai 3	400 x 800	2000	Tump ki -	801.2E+6	2.314	0.00768	0.00793	0.0156	4592.539	10 D-25	4909	1.57E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.314	0.00768	0.00793	0.0156	2332.107	5 D-25	2454		
			Lap	425.7E+6	1.23	0.00396	0.00421	0.0082	2512.109	6 D-25	2945		
			Tump ka -	800.6E+6	2.312	0.00768	0.00792	0.0156	4588.987	10 D-25	4909		
			Tump ka +		2.312	0.00768	0.00792	0.0156	2330.36	5 D-25	2454		
As 6 - CD Lantai 3	400 x 800	2000	Tump ki -	743.3E+6	2.147	0.00709	0.00735	0.0144	4250.659	9 D-25	4418	1.45E+09	7.13E+08
			Tump ka +		2.147	0.00709	0.00735	0.0144	2163.573	5 D-25	2454		
			Lap	375.4E+6	1.084	0.00348	0.00371	0.0072	2215.282	5 D-25	2454		
			Tump ka -	736.6E+6	2.128	0.00703	0.00729	0.0143	4211.21	9 D-25	4418		
			Tump ka +		2.128	0.00703	0.00729	0.0143	2144.071	5 D-25	2454		
As 6 - DE Lantai 3	200 X 400	1000	Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +		.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473		
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473		
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
			Tump ka +		.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473		
As 6 - EF Lantai 3	400 x 800	2000	Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25	1963		
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
As 6 - AB Lantai 4	400 x 800	2000	Tump ki -	586.1E+6	1.693	0.00552	0.0058	0.0113	3331.089	7 D-25	3436	1.19E+09	5.72E+08
			Tump ka +		1.693	0.00552	0.0058	0.0113	1706.001	4 D-25	1963		
			Lap	230.4E+6	.665	0.00211	0.00228	0.0044	1359.029	3 D-25	1473		
			Tump ka -	571.9E+6	1.652	0.00538	0.00566	0.011	3248.576	7 D-25	3436		
			Tump ka +		1.652	0.00538	0.00566	0.011	1664.648	4 D-25	1963		

Tabel 7.1. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN MOMEN KAPASITAS BALOK PORTAL 6

$k' = 24.61 \text{ MPa}$
 $f_y = 320 \text{ MPa}$
 $m = 15.2975$

$\rho_{\min} = 0.00438$
 $\rho_{\max} = 0.02718$
decking = 40 mm

Balok Induk	Dimensi (cm ²)	bf (mm)	Desarah	Mn (Nmm)	Rn (MPa)	ρb	ρ'	ρ	Aspasang (mm ²)	Tulangan Pakai	Aspakai (mm ²)	Momen Kapasitas (Nmm)	
												Negatif	Positif
As 6 - BC Lantai 4	400 x 800	2000	Tump ki -	752.7E+6	2.174	0.00719	0.00745	0.0146	4306.043	10 D-25	4909	1.57E+09	7.13E+08
			Tump ka +	2.174	0.00719	0.00745	0.0146	2190.935	5 D-25	2454			
			Lap	426.4E+6	1.232	0.00397	0.00422	0.0082	2516.24	6 D-25	2945		
			Tump ka -	754.1E+6	2.178	0.0072	0.00746	0.0147	4314.296	10 D-25	4909		
As 6 - CD Lantai 4	400 x 800	2000	Tump ka +	2.178	0.0072	0.00746	0.0147	2195.01	5 D-25	2454	1.45E+09	7.13E+08	
			Tump ki -	706.3E+6	2.04	0.00672	0.00699	0.0137	4033.098	9 D-25			4418
			Tump ka +	2.04	0.00672	0.00699	0.0137	2055.875	5 D-25	2454			
			Lap	375.2E+6	1.084	0.00348	0.00371	0.0072	2214.102	5 D-25			2454
As 6 - DE Lantai 4	200 X 400	1000	Tump ka -	691.4E+6	1.997	0.00657	0.00684	0.0134	3945.682	9 D-25	4418	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +	1.997	0.00657	0.00684	0.0134	2012.505	5 D-25	2454			
			Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473		
			Tump ka +	.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473			
As 6 - EF Lantai 4	400 x 800	2000	Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
			Tump ka +	.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473			
			Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
As 6 - AB Lantai 5	400 x 800	2000	Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473	1.19E+09	5.72E+08	
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25			1963
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25			2454
			Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473			
As 6 - BC Lantai 5	400 x 800	2000	Tump ki -	515.5E+6	1.489	0.00483	0.0051	0.0099	2921.944	7 D-25	3436	1.45E+09	7.13E+08
			Tump ka +	1.489	0.00483	0.0051	0.0099	1500.501	4 D-25	1963			
			Lap	231.4E+6	.668	0.00212	0.00229	0.0044	1365.52	3 D-25	1473		
			Tump ka -	512.5E+6	1.48	0.0048	0.00507	0.0099	2904.612	7 D-25	3436		
As 6 - CD Lantai 5	400 x 800	2000	Tump ka +	1.48	0.0048	0.00507	0.0099	1491.768	4 D-25	1963	1.32E+09	5.72E+08	
			Tump ki -	691.9E+6	1.998	0.00658	0.00685	0.0134	3948.614	9 D-25			4418
			Tump ka +	1.998	0.00658	0.00685	0.0134	2013.96	4 D-25	2454			
			Lap	426.5E+6	1.232	0.00397	0.00422	0.0082	2516.83	6 D-25			2945
As 6 - DE Lantai 5	200 X 400	1000	Tump ka -	695.5E+6	2.009	0.00661	0.00688	0.0135	3969.725	9 D-25	4418	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +	2.009	0.00661	0.00688	0.0135	2024.439	4 D-25	2454			
			Tump ki -	650.8E+6	1.88	0.00616	0.00644	0.0126	3708.056	8 D-25	3927		
			Tump ka +	1.88	0.00616	0.00644	0.0126	1894.327	4 D-25	1963			
As 6 - EF Lantai 5	400 x 800	2000	Lap	375.6E+6	1.085	0.00348	0.00372	0.0072	2216.463	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka -	648.2E+6	1.872	0.00614	0.00641	0.0126	3692.866	8 D-25	3927		
			Tump ka +	1.872	0.00614	0.00641	0.0126	1886.76	4 D-25	1963			
			Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473		
As 6 - AB Lantai 6	400 x 800	2000	Tump ka +	.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473	1.06E+09	4.30E+08	
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25			1473
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25			1473
			Tump ka +	.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473			
As 6 - BC Lantai 6	400 x 800	2000	Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	1.32E+09	5.72E+08
			Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473			
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25	1963		
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
As 6 - CD Lantai 6	400 x 800	2000	Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473	1.19E+09	5.72E+08	
			Tump ki -	441.6E+6	1.276	0.00412	0.00437	0.0085	2496.18	6 D-25			2945
			Tump ka +	1.276	0.00412	0.00437	0.0085	1285.395	3 D-25	1473			
			Lap	226.8E+6	.655	0.00208	0.00224	0.0043	1338.375	3 D-25			1473
As 6 - DE Lantai 6	200 X 400	1000	Tump ka -	452.4E+6	1.307	0.00422	0.00448	0.0087	2558.249	6 D-25	2945	1.32E+09	5.72E+08
			Tump ka +	1.307	0.00422	0.00448	0.0087	1316.831	3 D-25	1473			
			Tump ki -	626.3E+6	1.809	0.00592	0.0062	0.0121	3565.055	8 D-25	3927		
			Tump ka +	1.809	0.00592	0.0062	0.0121	1823.014	4 D-25	1963			
As 6 - EF Lantai 6	400 x 800	2000	Lap	428.9E+6	1.239	0.00399	0.00424	0.0082	2530.993	6 D-25	2945	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka -	625.4E+6	1.806	0.00591	0.00619	0.0121	3559.807	8 D-25	3927		
			Tump ka +	1.806	0.00591	0.00619	0.0121	1820.394	4 D-25	1963			
			Tump ki -	587.2E+6	1.696	0.00553	0.00581	0.0113	3337.442	7 D-25	3436		
As 6 - AB Lantai 7	400 x 800	2000	Tump ka +	1.696	0.00553	0.00581	0.0113	1709.203	4 D-25	1963	1.06E+09	4.30E+08	
			Lap	374.3E+6	1.081	0.00347	0.0037	0.0072	2208.791	5 D-25			2454
			Tump ka -	574.1E+6	1.658	0.00541	0.00568	0.0111	3261.347	7 D-25			3436
			Tump ka +	1.658	0.00541	0.00568	0.0111	1671.072	4 D-25	1963			
As 6 - BC Lantai 7	400 x 800	2000	Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +	.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473			
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473		
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
As 6 - CD Lantai 7	400 x 800	2000	Tump ka +	.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473	9.33E+08	4.30E+08	
			Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25			2454
			Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473			
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25			1963
As 6 - DE Lantai 7	200 X 400	1000	Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	1.06E+09	4.30E+08
			Tump ka +	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473			
			Tump ki -	356.8E+6	1.031	0.0033	0.00353	0.0068	2010.612	5 D-25	2454		
			Tump ka +	1.031	0.0033	0.00353	0.0068	1038.562	3 D-25	1473			
As 6 - EF Lantai 7	400 x 800	2000	Lap	280.4E+6	.81	0.00258	0.00277	0.0054	1654.676	4 D-25	1963	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka -	365.0E+6	1.054	0.00338	0.00361	0.007	2057.429	5 D-25	2454		
			Tump ka +	1.054	0.00338	0.00361	0.007	1062.43	3 D-25	1473			
			Tump ki -	438.6E+6	1.267	0.00409	0.00434	0.0084	2478.948	6 D-25	2945		
As 6 - BC Lantai 8	400 x 800	2000	Tump ka +	1.267	0.00409	0.00434	0.0084	1276.663	3 D-25	1473	1.06E+09	4.30E+08	
			Lap	276.5E+6	.799	0.00255	0.00274	0.0053	1631.661	4 D-25			1963
			Tump ka -	461.4E+6	1.333	0.00431	0.00457	0.0089	2610.013	6 D-25			2945
			Tump ka +	1.333	0.00431	0.00457	0.0089	1343.028	3 D-25	1473			

Tabel 7.1. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN MOMEN KAPASITAS BALOK PORTAL 6

fc ' = 24.61 MPa
fy = 320 MPa
m = 15.2975

ρ min = 0.00438
ρ maks = 0.02718
decking = 40 mm

Balok Induk	Dimensi (cm²)	h (mm)	Daerah	Mu (Nmm)	Rn (MPa)	ρd	ρ'	P	Aspas (mm²)	Tulangan Pakai	Aspas (mm²)	Momen Kapasitas (Nmm)	
												Negatif	Positif
As 6 - CD Lantai 7	400 x 800	2000	Tump ki -	413.6E+6	1.195	0.00385	0.00409	0.0079	2335.503	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka +		1.195	0.00385	0.00409	0.0079	1203.893	3 D-25	1473		
			Lap	284.6E+6	.822	0.00262	0.00282	0.0054	1679.46	4 D-25	1963		
			Tump ka -	418.6E+6	1.209	0.00389	0.00414	0.008	2364.17	5 D-25	2454		
			Tump ka +		1.209	0.00389	0.00414	0.008	1218.447	3 D-25	1473		
As 6 - DE Lantai 7	200 X 400	1000	Tump ki -	68.5E+6	.198	0.00062	0.00068	0.0013	382.1582	3 D-25	1473	6.66E+08	4.30E+08
			Tump ka +		.198	0.00062	0.00068	0.0013	199.3876	3 D-25	1473		
			Lap	8.4E+6	.024	0.00008	0.00008	0.0002	49.56945	3 D-25	1473		
			Tump ka -	63.4E+6	.183	0.00057	0.00063	0.0012	353.6452	3 D-25	1473		
			Tump ka +		.183	0.00057	0.00063	0.0012	184.5427	3 D-25	1473		
As 6 - EF Lantai 7	400 x 800	2000	Tump ki -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454	9.33E+08	4.30E+08
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		
			Lap	72.4E+6	.209	0.00066	0.00072	0.0014	427.2415	4 D-25	1963		
			Tump ka -	424.5E+6	1.226	0.00395	0.0042	0.0082	2398.011	5 D-25	2454		
			Tump ka +		1.226	0.00395	0.0042	0.0082	1235.621	3 D-25	1473		

7.3. Penulangan Geser dan Torsi Balok As 6

Diameter sengkang = 12 mm
Av ada = 113 mm²

Balok Induk	Daerah	Kiri					Kanan				
		Vu pakai (KN)	Vc (KN-m)	Va (KN-m)	S _{pakai} (mm)	S _{pasang} (mm)	Vu pakai (KN)	Vc (KN-m)	Va (KN-m)	S _{pakai} (mm)	S _{pasang} (mm)
As 6 - AB	Sendi Plastik	428.2546	0	713.7577	74.523	70	418.8046	0	698.0077	76.205	75
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	393.1557	243.2E+3	412012.6	129.101	125	383.7057	243.2E+3	396262.6	134.233	130
As 6 - BC	Sendi Plastik	639.9721	0	1066.62	49.869	45	636.1921	0	1060.32	50.165	50
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	594.5652	243.2E+3	747695.1	71.14	70	590.7852	243.2E+3	741395.1	71.745	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	527.542	0	879.2367	60.497	60	531.532	0	885.8867	60.043	60
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	484.5377	243.2E+3	564316	94.258	90	488.5277	243.2E+3	570966	93.16	90
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	45	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	60	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	418.5946	0	697.6577	76.243	75	428.4646	0	714.1077	74.486	70
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	383.4957	243.2E+3	395912.6	134.351	130	393.3657	243.2E+3	412362.6	128.992	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.6071	0	1064.345	49.976	45	637.5571	0	1062.595	50.058	50
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	593.2002	243.2E+3	745420.1	71.358	70	592.1502	243.2E+3	743670.1	71.525	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	539.722	0	899.5367	59.132	55	519.457	0	865.7617	61.439	60
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	496.7177	243.2E+3	584616	90.985	90	476.4527	243.2E+3	550841	96.564	90
As 6 - AB	Sendi Plastik	414.4996	0	690.8327	76.996	75	432.5596	0	720.9327	73.781	70
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	379.4007	243.2E+3	389087.6	136.708	135	397.4607	243.2E+3	419187.6	126.892	125
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.2921	0	1063.82	50.	50	637.8721	0	1063.12	50.033	50
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	592.8852	243.2E+3	744895.1	71.408	70	592.4652	243.2E+3	744195.1	71.475	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	545.497	0	909.1617	58.506	55	513.682	0	856.1367	62.13	60
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	502.4927	243.2E+3	594241	89.511	85	470.6777	243.2E+3	541216	98.281	95
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	85	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	410.5096	0	684.1827	77.744	75	436.5496	0	727.5827	73.107	70
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	375.4107	243.2E+3	382437.6	139.085	130	401.4507	243.2E+3	425837.6	124.91	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.0821	0	1063.47	50.017	50	638.0821	0	1063.47	50.017	50
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	592.6752	243.2E+3	744545.1	71.441	70	592.6752	243.2E+3	744545.1	71.441	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	550.642	0	917.7367	57.959	55	508.432	0	847.3867	62.771	60
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	507.6377	243.2E+3	602816	88.238	85	465.4277	243.2E+3	532466	99.896	95
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - CF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	85	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	408.0946	0	680.1577	78.204	75	438.9646	0	731.6077	72.705	70
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	372.9957	243.2E+3	378412.6	140.564	140	403.8657	243.2E+3	429862.6	123.74	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	628.867	0	1048.112	50.75	50	629.707	0	1049.512	50.682	50
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	585.8627	243.2E+3	733191	72.548	70	586.7027	243.2E+3	734591	72.409	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	534.2333	0	890.3889	59.739	55	485.1983	0	808.6639	65.777	65
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	496.6583	243.2E+3	584517	91.001	90	447.6233	243.2E+3	502792	105.792	105
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	385.4592	0	642.432	82.797	80	421.7892	0	702.982	75.665	75
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	355.7981	243.2E+3	349750.1	152.084	150	392.1281	243.2E+3	410300.1	129.64	125
As 6 - BC	Sendi Plastik	609.7283	0	1016.214	52.343	50	609.0983	0	1015.164	52.397	50
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	572.1533	243.2E+3	710342	74.881	70	571.5233	243.2E+3	709292	74.992	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	527.2696	0	878.7827	60.528	60	473.9296	0	789.8827	67.341	65
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	492.1707	243.2E+3	577037.6	92.18	90	438.8307	243.2E+3	488137.6	108.968	100
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	60	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	318.3764	0	530.6273	100.242	100	345.5714	0	575.9523	92.354	90
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	291.2649	243.2E+3	242194.7	219.622	20	318.4599	243.2E+3	287519.7	185.001	185
As 6 - BC	Sendi Plastik	344.1942	0	573.657	92.723	90	351.0192	0	585.032	90.92	90
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	314.5331	243.2E+3	280975.1	189.31	185	321.3581	243.2E+3	292350.1	181.944	180
As 6 - CD	Sendi Plastik	364.6814	0	607.8023	87.514	85	311.9714	0	519.9523	102.3	100
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	337.5699	243.2E+3	319369.7	166.551	165	284.8599	243.2E+3	231519.7	229.749	225
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	90	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	185	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	85	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	165	446.2449	243.2E+3	500494.7	106.278	100

Keterangan : Tulangan Torsi Pakai tulangan praktis 4 16

Tabel 7.2. Gaya Geser Rencana Portal 6

Balok Induk	Daerah	Kiri					Kanan				
		M_{gk} (KN-m)	M_{gk} (KN-m)	$1,05 V_g$ (KN-m)	V_{gk} (KN-m)	V_{gk} (KN-m)	M_{gk} (KN-m)	M_{gk} (KN-m)	$1,05 V_g$ (KN-m)	V_{gk} (KN-m)	V_{gk} (KN-m)
As 6 - AB	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	299.775	458.1162	428.2546	1192.753	571.6199	290.325	448.6662	418.8046
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		458.1162	393.1557	1192.753	571.6199		448.6662	383.7057
As 6 - BC	Sendi Plastik	1569.788	712.7545	473.76	678.6035	639.9721	1569.788	712.7545	469.98	674.8235	636.1921
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	1569.788	712.7545		678.6035	594.5652	1569.788	712.7545		674.8235	590.7852
As 6 - CD	Sendi Plastik	1449.007	712.7545	370.125	564.1292	527.542	1449.007	712.7545	374.115	568.1192	531.532
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	1449.007	712.7545		564.1292	484.5377	1449.007	712.7545		568.1192	488.5277
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	290.115	448.4562	418.5946	1192.753	571.6199	299.985	458.3262	428.4646
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		448.4562	383.4957	1192.753	571.6199		458.3262	393.3657
As 6 - BC	Sendi Plastik	1569.788	712.7545	472.395	677.2385	638.6071	1569.788	712.7545	471.345	676.1885	637.5571
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	1569.788	712.7545		677.2385	593.2002	1569.788	712.7545		676.1885	592.1502
As 6 - CD	Sendi Plastik	1449.007	712.7545	382.305	576.3092	539.722	1449.007	712.7545	362.04	556.0442	519.457
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	1449.007	712.7545		576.3092	496.7177	1449.007	712.7545		556.0442	476.4527
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	286.02	444.3612	414.4996	1192.753	571.6199	304.08	462.4212	432.5596
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		444.3612	379.4007	1192.753	571.6199		462.4212	397.4607
As 6 - BC	Sendi Plastik	1569.788	712.7545	472.08	676.9235	638.2921	1569.788	712.7545	471.66	676.5035	637.8721
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	1569.788	712.7545		676.9235	592.8852	1569.788	712.7545		676.5035	592.4652
As 6 - CD	Sendi Plastik	1449.007	712.7545	388.08	582.0842	545.497	1449.007	712.7545	356.265	550.2692	513.682
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	1449.007	712.7545		582.0842	502.4927	1449.007	712.7545		550.2692	470.6777
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	282.03	440.3712	410.5096	1192.753	571.6199	308.07	466.4112	436.5496
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		440.3712	375.4107	1192.753	571.6199		466.4112	401.4507
As 6 - BC	Sendi Plastik	1569.788	712.7545	471.87	676.7135	638.0821	1569.788	712.7545	471.87	676.7135	638.0821
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	1569.788	712.7545		676.7135	592.6752	1569.788	712.7545		676.7135	592.6752
As 6 - CD	Sendi Plastik	1449.007	712.7545	393.225	587.2292	550.642	1449.007	712.7545	351.015	545.0192	508.432
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	1449.007	712.7545		587.2292	507.6377	1449.007	712.7545		545.0192	465.4277
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	279.615	437.9562	408.0946	1192.753	571.6199	310.485	468.8262	438.9646
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		437.9562	372.9957	1192.753	571.6199		468.8262	403.8657
As 6 - BC	Sendi Plastik	1449.007	712.7545	471.45	665.4542	628.867	1449.007	712.7545	472.29	666.2942	629.707
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	1449.007	712.7545		665.4542	585.8627	1449.007	712.7545		666.2942	586.7027
As 6 - CD	Sendi Plastik	1317.222	571.6199	396.69	566.2015	534.2333	1317.222	571.6199	347.655	517.1665	485.1983
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	1317.222	571.6199		566.2015	496.6583	1317.222	571.6199		517.1665	447.6233
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	1060.98	430.0375	276.885	410.6942	385.4592	1060.98	430.0375	313.215	447.0242	421.7892
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	1060.98	430.0375		410.6942	355.7981	1060.98	430.0375		447.0242	392.1281
As 6 - BC	Sendi Plastik	1317.222	571.6199	472.185	641.6965	609.7283	1317.222	571.6199	471.555	641.0665	609.0983
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	1317.222	571.6199		641.6965	572.1533	1317.222	571.6199		641.0665	571.5233
As 6 - CD	Sendi Plastik	1192.753	571.6199	398.79	557.1312	527.2696	1192.753	571.6199	345.45	503.7912	473.9296
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	1192.753	571.6199		557.1312	492.1707	1192.753	571.6199		503.7912	438.8307
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449
As 6 - AB	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	219.135	341.4423	318.3764	932.8153	430.0375	246.33	368.6373	345.5714
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		341.4423	291.2649	932.8153	430.0375		368.6373	318.4599
As 6 - BC	Sendi Plastik	1060.98	430.0375	235.62	369.4292	344.1942	1060.98	430.0375	242.445	376.2542	351.0192
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	1060.98	430.0375		369.4292	314.5331	1060.98	430.0375		376.2542	321.3581
As 6 - CD	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	265.44	387.7473	364.6814	932.8153	430.0375	212.73	335.0373	311.9714
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		387.7473	337.5699	932.8153	430.0375		335.0373	284.8599
As 6 - DE	Sendi Plastik	665.7024	430.0375	19.6	117.9356	99.39054	665.7024	430.0375	192	290.3356	271.7905
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	665.7024	430.0375		117.9356	77.59281	665.7024	430.0375		290.3356	249.9928
As 6 - EF	Sendi Plastik	932.8153	430.0375	76.8	199.1073	176.0414	932.8153	430.0375	374.115	496.4223	473.3564
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	932.8153	430.0375		199.1073	148.9299	932.8153	430.0375		496.4223	446.2449

7.3. Penulangan Geser dan Torsi Balok As 6

Diameter sengkang = 12 mm
Av ada = 113 mm²

Balok Induk	Daerah	Kiri					Kanan				
		Vu pakai (KN)	Vc (KN-m)	Vs (KN-m)	S peris (mm)	S pasang (mm)	Vu pakai (KN)	Vc (KN-m)	Vs (KN-m)	S peris (mm)	S pasang (mm)
As 6 - AB	Sendi Plastik	428.2546	0	713.7577	74.523	70	418.8046	0	698.0077	76.205	75
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	393.1557	243.2E+3	412012.6	129.101	125	383.7057	243.2E+3	396262.6	134.233	130
As 6 - BC	Sendi Plastik	639.9721	0	1066.62	49.869	45	636.1921	0	1060.32	50.165	50
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	594.5652	243.2E+3	747695.1	71.14	70	590.7852	243.2E+3	741395.1	71.745	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	527.542	0	879.2367	60.497	60	531.532	0	885.8867	60.043	60
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	484.5377	243.2E+3	564316	94.258	90	488.5277	243.2E+3	570966	93.16	90
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	45	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	60	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 1	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	418.5946	0	697.8577	76.243	75	428.4646	0	714.1077	74.486	70
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	383.4957	243.2E+3	395912.6	134.351	130	393.3657	243.2E+3	412362.6	128.992	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.6071	0	1064.345	49.976	45	637.5571	0	1062.595	50.058	50
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	593.2002	243.2E+3	745420.1	71.358	70	592.1502	243.2E+3	743670.1	71.525	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	539.722	0	899.5367	59.132	55	519.457	0	865.7617	61.439	60
Lantai 2	Luar Sendi Plastik	496.7177	243.2E+3	584616	90.985	90	476.4527	243.2E+3	550811	96.564	90
As 6 - AB	Sendi Plastik	414.4996	0	690.8327	76.996	75	432.5596	0	720.9327	73.781	70
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	379.4007	243.2E+3	389087.6	136.708	135	397.4607	243.2E+3	419187.6	126.892	125
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.2921	0	1063.82	50	50	637.8721	0	1063.12	50.033	50
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	592.8852	243.2E+3	744895.1	71.408	70	592.4652	243.2E+3	744195.1	71.475	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	545.497	0	909.1617	58.506	55	513.682	0	856.1367	62.13	60
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	502.4927	243.2E+3	594241	89.511	85	470.6777	243.2E+3	541216	98.281	95
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 3	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	85	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	410.5096	0	684.1827	77.744	75	436.5496	0	727.5827	73.107	70
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	375.4107	243.2E+3	382137.6	139.085	130	401.4507	243.2E+3	425837.6	124.91	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	638.0821	0	1063.47	50.017	50	638.0821	0	1063.47	50.017	50
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	592.6752	243.2E+3	744545.1	71.441	70	592.6752	243.2E+3	744545.1	71.441	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	550.642	0	917.7367	57.959	55	508.432	0	847.3867	62.771	60
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	507.6377	243.2E+3	602816	88.238	85	465.4277	243.2E+3	532466	99.896	95
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - CF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 4	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	85	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	408.0946	0	680.1577	78.204	75	438.9646	0	731.6077	72.705	70
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	372.9957	243.2E+3	378412.6	140.564	140	403.8657	243.2E+3	429862.6	123.74	120
As 6 - BC	Sendi Plastik	628.867	0	1048.112	50.75	50	629.707	0	1049.512	50.682	50
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	585.8627	243.2E+3	733191	72.548	70	586.7027	243.2E+3	734591	72.409	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	534.2333	0	890.3889	59.739	55	485.1983	0	808.6639	65.777	65
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	496.6583	243.2E+3	584517	91.001	90	447.6233	243.2E+3	502792	105.792	105
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	55	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 5	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	385.4592	0	642.432	82.797	80	421.7892	0	702.982	75.665	75
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	355.7981	243.2E+3	349750.1	152.084	150	392.1281	243.2E+3	410400.1	129.64	125
As 6 - BC	Sendi Plastik	609.7283	0	1016.214	52.343	50	609.0983	0	1015.164	52.397	50
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	572.1533	243.2E+3	710342	74.881	70	571.5233	243.2E+3	709292	74.992	70
As 6 - CD	Sendi Plastik	527.2696	0	878.7827	60.528	60	473.9296	0	789.8827	67.341	65
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	492.1707	243.2E+3	577037.6	92.18	90	438.8307	243.2E+3	488137.6	108.968	100
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	50	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	70	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	60	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 6	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	90	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100
As 6 - AB	Sendi Plastik	318.3764	0	530.6273	100.242	100	345.5714	0	575.9522	92.354	90
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	291.2649	243.2E+3	242194.7	219.627	20	318.4599	243.2E+3	287519.7	185.001	185
As 6 - BC	Sendi Plastik	344.1942	0	573.657	92.723	90	351.0192	0	585.032	90.92	90
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	314.5331	243.2E+3	280975.1	189.31	185	321.3581	243.2E+3	292350.1	181.944	180
As 6 - CD	Sendi Plastik	364.6814	0	607.8523	87.514	85	311.9714	0	519.9523	102.3	100
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	337.5699	243.2E+3	319369.7	166.551	165	284.8599	243.2E+3	231519.7	229.749	225
As 6 - DE	Sendi Plastik	99.39054	0	165.6509	321.105	90	271.7905	0	452.9842	117.424	100
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	77.59281	243.2E+3	-113926	-466.896	185	249.9928	243.2E+3	173407.8	306.741	200
As 6 - EF	Sendi Plastik	176.0414	0	293.4023	181.292	85	473.3564	0	788.9273	67.422	65
Lantai 7	Luar Sendi Plastik	148.9299	243.2E+3	4969.729	10703.07	165	446.2419	243.2E+3	500494.7	106.278	100

Keterangan : Tulangan Torsi Pakai tulangan praktis 5 D-16

Tabel 7.4. Perhitungan Gaya Aksial Kolom Portal 6

Kolom	Ng, k (KN)	Mkap, bx kiri (N-m)		Mkap, bx kanan (N-m)		Mkap, by kiri (KN-m)		Mkap, by kanan (KN-m)		Nu, kx (KN-m)		Nu, ky (KN-m)	
		negatup	positup	negatup	positup	negatup	positup	negatup	positup	maks	min	maks	min
DS - A	7739,00	0	0	1.2E+9	571,6E+6	1.2E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	5492,55	5,8E+3	6,1E+3	5,9E+3
Ds - B	89540,00	1.2E+9	571,6E+6	1.6E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	6573	8,9E+3	6,0E+3	9,2E+3
Ds - C	8696,90	1.6E+9	712,8E+6	1.4E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	6445,95	9,4E+3	6,0E+3	9,5E+3
Ds - D	5136,10	1.4E+9	712,8E+6	665,7E+6	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	660,2E+6	367,8E+6	5894,7	4,9E+3	6,3E+3	4,9E+3
Ds - E	2551,40	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	5462,1	2,7E+3	3,5E+3	2,6E+3
1 - A	4208,40	0	0	1.2E+9	571,6E+6	1.2E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	5386,5	5,5E+3	7,0E+3	5,1E+3
1 - B	6585,30	1.2E+9	571,6E+6	1.6E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.3E+9	571,6E+6	7912,8	7,6E+3	6,6E+3	7,9E+3
1 - C	757,65	1.6E+9	712,8E+6	1.4E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	7235,55	8,0E+3	6,7E+3	8,1E+3
1 - D	4119,10	1.4E+9	712,8E+6	665,7E+6	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	660,2E+6	367,8E+6	5791,25	4,7E+3	5,3E+3	4,3E+3
1 - E	2290,10	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	5421,15	2,4E+3	5,3E+3	2,3E+3
2 - A	3751,00	0	0	1.2E+9	571,6E+6	1.2E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	5279,34	5,4E+3	6,3E+3	4,3E+3
2 - B	5916,90	1.2E+9	571,6E+6	1.6E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	7140	6,3E+3	6,0E+3	6,5E+3
2 - C	6232,70	1.6E+9	712,8E+6	1.4E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	6865,95	6,6E+3	6,1E+3	6,7E+3
2 - D	3511,20	1.4E+9	712,8E+6	665,7E+6	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	660,2E+6	367,8E+6	4998	3,6E+3	4,8E+3	3,6E+3
2 - E	2035,20	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	000,0E+0	000,0E+0	000,0E+0	000,0E+0	4998	2,1E+3	4,8E+3	2,1E+3
3 - A	2985,50	0	0	1.2E+9	571,6E+6	1.1E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	4081,35	3,4E+3	5,5E+3	3,5E+3
3 - B	4665,90	1.2E+9	571,6E+6	1.6E+9	712,8E+6	1.2E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	6327,3	4,9E+3	5,2E+3	5,2E+3
3 - C	4901,50	1.6E+9	712,8E+6	1.4E+9	712,8E+6	1.0E+9	370,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	6055,35	5,2E+3	5,3E+3	5,3E+3
3 - D	2702,70	1.4E+9	712,8E+6	665,7E+6	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	660,2E+6	367,8E+6	4531,8	3,0E+3	4,3E+3	3,0E+3
3 - E	1778,70	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	4531,8	1,9E+3	4,3E+3	1,8E+3
4 - A	2216,90	0	0	1.2E+9	571,6E+6	1.1E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	3497,55	2,6E+3	4,5E+3	2,7E+3
4 - B	3418,70	1.2E+9	571,6E+6	1.4E+9	712,8E+6	1.2E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	5184,9	3,6E+3	4,2E+3	3,9E+3
4 - C	3581,80	1.4E+9	712,8E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.2E+9	571,6E+6	1.0E+9	370,6E+6	4931,85	3,9E+3	4,3E+3	4,0E+3
4 - D	1925,30	1.3E+9	571,6E+6	665,7E+6	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	660,2E+6	367,8E+6	3946,95	2,3E+3	3,5E+3	2,3E+3
4 - E	1521,20	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	3946,95	1,6E+3	3,5E+3	1,6E+3
5 - A	1446,40	0	0	1.1E+9	430,0E+6	1.1E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	2639,7	1,7E+3	3,2E+3	1,8E+3
5 - B	2173,80	1.1E+9	430,0E+6	1.3E+9	571,6E+6	1.1E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	3847,2	2,3E+3	2,9E+3	2,6E+3
5 - C	2270,00	1.3E+9	571,6E+6	1.2E+9	571,6E+6	1.1E+9	571,6E+6	917,1E+6	370,6E+6	3557,4	2,5E+3	3,0E+3	2,6E+3
5 - D	1305,30	1.2E+9	571,6E+6	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	660,2E+6	367,8E+6	5250	1,6E+3	2,5E+3	1,7E+3
5 - E	1263,20	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	5250	1,4E+3	2,5E+3	1,3E+3
6 - A	673,80	0	0	932,8E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	790,9E+6	370,6E+6	2087,4	908,5E+0	2,1E+3	995,7E+0
6 - B	932,30	932,8E+6	430,0E+6	1.1E+9	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	790,9E+6	370,6E+6	2021,25	1,0E+3	1,6E+3	1,2E+3
6 - C	901,40	1.1E+9	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	790,9E+6	370,6E+6	1950,9	1,1E+3	1,8E+3	1,2E+3
6 - D	685,40	932,8E+6	430,0E+6	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	660,2E+6	370,6E+6	2364,6	916,5E+0	1,7E+3	993,9E+0
6 - E	1005,80	665,7E+6	430,0E+6	932,8E+6	430,0E+6	0	0	0	0	2364,6	1,0E+3	1,7E+3	1,0E+3

Tabel 7.5. Perhitungan Momen Rencana Kolom Portal 6

Kolom	MEK-x (KN-m)		α_x k-x		MEK-y (KN-m)		α_x k-y		Mu, k-x (KN-m)		Mu, k-y (KN-m)		Mu, k-x (KN-m)		Mu, k-y (KN-m)	
	bawah	atas	α_x ka	α_x kb	bawah	atas	α_x ka	α_x kb	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas
DS - A	550.7	398.7	0.521927	1	509.9	132.4	0.234419	1	1317.519	304.2023	2200.254	500.284	1452.6	618.66	1695.7	975.555
DS - B	588.3	388.3	0.437373	1	524.5	164.6	0.302852	1	3050.599	938.0666	2863.335	914.4562	1859.6	2332.995	1702.6	941.955
DS - C	572.4	484.6	0.521075	1	520.3	225.1	0.365666	1	3527.129	1282.477	3006.294	1075.105	1872.8	930.51	1642.5	962.955
DS - D	571.4	422.7	0.49174	1	542.4	201.4	0.364987	1	2920.268	1058.676	2530.356	899.6029	1489.8	790.125	1621.3	928.305
DS - E	431	211.8	0.353589	1	443.1	162	0.316159	1	1384.893	437.8469	415.468	131.3541	1258.3	642.81	1791.72	62.265
1 - A	365.2	336.2	0.5227704	0.478073	432.4	388.8	0.528836	0.765581	13002.58	686.2621	1684.472	1128.61	1356.8	900.48	1673.175	1518.72
1 - B	499.5	462.3	0.525759	0.562627	378.9	340.4	0.53088	0.697148	1759.914	1608.971	2176.109	1484.989	1666.875	1541.085	1620.78	1474.83
1 - C	445.4	414.8	0.525462	0.478925	390.5	352.1	0.528837	0.63431	1689.229	1854.789	1907.014	1554.878	1492.785	1384.425	1655.43	1506.12
1 - D	436.9	400.7	0.525508	0.50826	350.4	314.6	0.528384	0.635013	1484.255	1532.625	1606.808	1302.336	1452.5	1154.685	1594.74	1444.695
1 - E	387.2	200.6	0.365525	0.646411	350.4	314.6	0.528384	0.683841	1325.6	731.7559	284.114	219.5268	1104.65	920.745	63.42	95.13
2 - A	300.9	349.1	0.563155	0.472296	346.4	389.4	0.566647	0.471164	1286.51	707.7946	1036.681	1117.522	1329.5	955.5	1349.355	1513.995
2 - B	417	461.2	0.553396	0.474241	300.8	342	0.578778	0.46912	1546.231	1726.825	1343.249	1527.921	1567.415	1533.525	1312.185	1476.615
2 - C	374.6	418.1	0.559705	0.474538	313.7	356	0.573731	0.471163	1673.755	1951.597	1416.453	1484.718	1521.885	1384.005	1341.27	1506.645
2 - D	361.8	412.7	0.555012	0.474492	280.8	326.5	0.573713	0.471616	1475.6	1664.194	1193.356	1414.06	1417.555	1199.52	1277.325	1438.92
2 - E	348.2	185.1	0.366535	0.634475	280.8	326.5	0.573713	0.471616	1298.655	794.5312	195.9413	238.3594	1102.881	957.285	94.71	194.25
3 - A	270.8	342.5	0.591333	0.436845	297.8	265.9	0.527084	0.433353	554.3234	659.126	883.2934	1040.681	622.965	911.4	1125.6	1391.25
3 - B	372.2	438	0.585953	0.446604	248.9	316.9	0.627525	0.421222	1341.333	1872.264	1139.835	1656.607	1159.62	1419.39	1089.795	1356.39
3 - C	328.9	395.1	0.60293	0.440295	264.5	333	0.618384	0.426269	1506.434	1934.967	1131.293	1659.47	1007.055	1266.825	1120.875	1387.05
3 - D	337.5	410.2	0.574993	0.44988	242.6	315.3	0.614261	0.426287	1313.77	1679.405	1078.658	1483.306	869.19	1156.365	1048.425	1312.29
3 - E	319.9	178.6	0.380243	0.633465	242.6	315.3	0.614261	0.426287	877.282	850.6856	177.1087	255.2057	612.99	894.39	66.465	223.65
4 - A	236.7	331.4	0.638536	0.408667	238	327.3	0.663088	0.472316	518.5682	709.6015	962.7112	1272.122	469.875	833.91	849.555	1190.07
4 - B	309.5	389.2	0.615725	0.414047	188.1	276	0.700685	0.372475	1243.55	1814.812	1007.925	1663.745	899.115	1223.355	816.165	1155.84
4 - C	260.2	349.5	0.637076	0.39707	205.5	294.5	0.684724	0.381616	1250.335	1995.229	1049.317	1692.374	749.385	1077.51	1061.025	1187.97
4 - D	303.2	395.7	0.602467	0.425007	198	291.4	0.668962	0.385739	1170.345	1690.297	956.7831	1472.408	702.24	1061.025	768.495	1105.23
4 - E	291.1	168.9	0.401092	0.619757	198	291.4	0.668962	0.385739	858.2978	926.4447	160.2624	277.9325	434.175	792.225	221.865	247.59
5 - A	187.6	266.3	0.54115	0.361464	166.3	253.4	0.666842	0.336912	393.9894	680.2994	668.6347	1168.258	287.07	611.835	531.3	891.87
5 - B	242.9	343.9	0.693906	0.384275	117.9	209.7	0.760058	0.299315	1002.913	1671.486	730.497	1600.392	608.055	980.07	501.69	866.46
5 - C	199.1	293.8	0.702871	0.362924	135.6	225.6	0.716645	0.315276	1064.727	1692.101	800.0825	1543.808	451.605	852.18	532.35	893.865
5 - D	261.1	353	0.682785	0.397533	144.2	238.2	0.66314	0.331038	1012.289	1458.349	750.3421	1396.321	514.605	912.555	451.5	817.53
5 - E	232.2	155.5	1	0.598908	144.2	238.2	1	0.331038	829.4232	543.5196	137.5356	163.0559	229.425	609.42	246.645	260.19
6 - A	235.8	365	1	0.45885	126.6	253.4	1	0.33158	477.2104	543.5196	605.6939	163.0559	214.2	502.425	519.96	849.87
6 - B	151.7	175.2	1	0.306094	66.2	168.1	1	0.2339942	679.2185	2309.928	521.0895	1983.504	587.055	959.49	491.19	866.46
6 - C	124.2	180.5	1	0.297129	89.2	200.9	1	0.283355	707.4571	2147.942	629.1396	1934.908	409.605	810.18	522.69	851.865
6 - D	164	209.4	1	0.317215	121	231	1	0.33686	703.896	925.5949	731.5686	1436.64	504.105	902.055	443.1	775.53
6 - E	161.1	209.4	1	0.414818	121	211	1	0.14175	602.1761	0	142.8171	0	218.925	608.17	221.445	247.59

Tabel 7.6. Perhitungan Penulangan Kolom Portal 6 Akibat Mux dan Nux

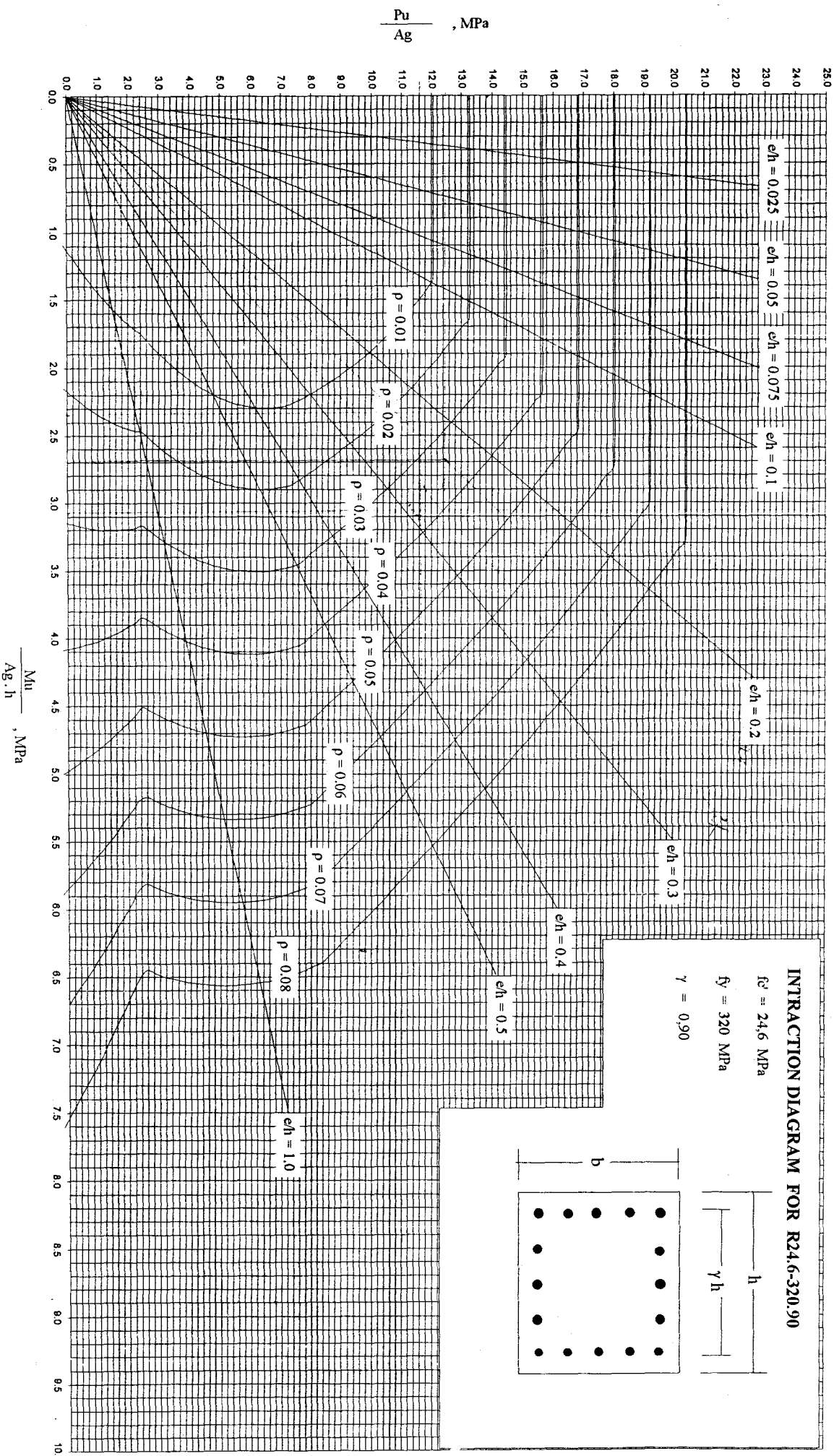
Kolom	Mu (KN-m)	Nu (KN-m)	e	K	Nu Ag	Mu Ag h	p	Ast	Tulangan Pakai	As
DS - A	1.3E+3	5.5E+3	239.87	0.410	8.582	2.573	0.024	13516.800	24-D.28	14770
Ds - B	1.9E+3	6.6E+3	282.91	0.491	10.270	3.632	0.039	21964.800	36-D.28	22155
Ds - C	1.9E+3	6.4E+3	290.54	0.481	10.072	3.658	0.039	21964.800	36-D.28	22115
Ds - D	1.5E+3	4.9E+3	304.08	0.366	7.655	2.910	0.025	14080.000	24-D.28	14770
Ds - E	1.3E+3	2.7E+3	474.36	0.198	4.145	2.458	0.014	7884.800	16-D.28	9847
1 - A	1.4E+3	5.4E+3	251.89	0.402	8.416	2.650	0.023	12953.600	24-D.28	14770
1 - B	1.7E+3	7.6E+3	219.44	0.567	11.869	3.256	0.039	21964.800	36-D.28	22155
1 - C	1.5E+3	7.2E+3	206.31	0.540	11.306	2.916	0.038	21401.600	36-D.28	22115
1 - D	1.5E+3	4.7E+3	305.85	0.355	7.420	2.837	0.024	13516.800	24-D.28	14770
1 - E	1.1E+3	2.4E+3	461.94	0.179	3.736	2.158	0.014	7884.800	16-D.28	9847
2 - A	1.3E+3	5.3E+3	243.69	0.394	8.249	2.513	0.023	12953.600	24-D.28	14770
2 - B	1.5E+3	6.3E+3	246.90	0.468	9.785	3.020	0.037	20838.400	36-D.28	22155
2 - C	1.5E+3	6.6E+3	230.03	0.494	10.338	2.972	0.036	20275.200	36-D.28	22115
2 - D	1.4E+3	3.6E+3	393.70	0.269	5.626	2.769	0.024	13516.800	24-D.28	14770
2 - E	1.1E+3	2.1E+3	516.23	0.160	3.338	2.154	0.013	7321.600	16-D.28	9847
3 - A	1.2E+3	5.3E+3	231.43	0.395	8.259	2.389	0.020	11264.000	20-D.28	12308
3 - B	1.5E+3	6.3E+3	233.42	0.467	9.771	2.851	0.034	19148.800	32-D.28	19694
3 - C	1.5E+3	6.2E+3	233.54	0.466	9.756	2.848	0.034	19148.800	32-D.28	19694
3 - D	1.4E+3	3.5E+3	386.64	0.265	5.536	2.675	0.020	11264.000	20-D.28	12308
3 - E	1.1E+3	1.9E+3	575.76	0.140	2.937	2.114	0.012	6758.400	12-D.28	7385.28
4 - A	1.2E+3	5.3E+3	231.02	0.393	8.221	2.374	0.019	10700.800	20-D.28	12308
4 - B	1.5E+3	6.2E+3	240.32	0.465	9.724	2.921	0.033	18585.600	32-D.28	19694
4 - C	1.5E+3	6.2E+3	234.62	0.465	9.721	2.851	0.033	18585.600	32-D.28	19694
4 - D	1.3E+3	2.3E+3	582.69	0.170	3.554	2.588	0.020	11264.000	20-D.28	12308
4 - E	1.1E+3	1.6E+3	671.76	0.121	2.535	2.129	0.012	6758.400	12-D.28	7385.28
5 - A	1.2E+3	5.2E+3	229.99	0.388	8.123	2.335	0.019	10700.800	20-D.28	12308
5 - B	1.4E+3	6.1E+3	230.84	0.453	9.468	2.732	0.032	18022.400	32-D.28	19694
5 - C	1.4E+3	6.1E+3	225.75	0.455	9.519	2.686	0.032	18022.400	32-D.28	19694
5 - D	1.2E+3	2.3E+3	555.80	0.169	3.526	2.317	0.019	10700.800	20-D.28	12308
5 - E	1.1E+3	1.6E+3	694.96	0.117	2.443	2.122	0.011	6195.200	12-D.28	7385.28
6 - A	999.0E+0	4.9E+3	205.45	0.363	7.598	1.951	0.015	8448.000	16-D.28	9847
6 - B	1.1E+3	5.8E+3	192.99	0.435	9.099	2.195	0.028	15769.600	28-D.28	17332
6 - C	1.1E+3	5.7E+3	200.23	0.427	8.926	2.234	0.028	15769.600	28-D.28	17332
6 - D	1.0E+3	2.0E+3	499.29	0.150	3.133	1.955	0.014	7884.800	16-D.28	9847
6 - E	218.9E+0	1.0E+3	209.39	0.078	1.634	0.428	0.010	5632.000	8-D.28	4923

Tabel 9.1. Data Poer dan Tiang Pancang

TYPE	Diameter Tiang (m)	Pu t i n t i a n g (ton)	Pu (SAP) (t)	Panjang Poer (m)	Lebar Poer (m)	Tebal Poer (m)	Berat Poer Tak berfaktor (ton)	Jumlah Tiang	Y maks (m)	Σy^2 (m^2)	X maks (m)	Σx^2 (m^2)
P1	0.60	221.12	319.10	2.80	2.80	1.00	18.816	4	0.70	1.96	0.70	1.96
P2	0.60	221.12	612.62	4.20	2.80	1.00	28.224	6	0.70	1.96	1.40	7.84
P3	0.60	221.12	900.01	4.20	4.20	1.00	42.336	9	1.40	11.76	1.40	11.76
P4	0.60	221.12	777.96	5.40	2.80	1.20	43.5456	6	0.70	1.96	2.00	16.00
P5	0.60	221.12	1137.85	8.40	2.80	1.40	79.0272	10	3.50	61.25	0.70	4.90
P6	0.60	221.12	3149.25	9.40	5.90	1.60	212.9664	20	4.00	168.00	2.25	56.25
P7	0.60	221.12	1524.62	5.40	3.40	1.40	61.6896	9	1.00	6.00	2.00	24.00

Tabel. 9.2. Kontrol Beban Maksimum

Type Poer	U k u r a n (m)	m (tiang)	n (tiang)	S a d a (m)	P t o t a l (ton)	M . y (ton.m)	M . x (ton.m)	S m i n (m)	E f f . tiang	P i j l n (ton)	P m a x (ton)	CEK Pmax > Pijln
P1	2.8 x 2.8 x 1.0	2	2	1.40	337.91	6.00	3.23	1.28	1.000	221.12	87.78	OK
P2	4.2 x 2.8 x 1.0	3	2	1.40	640.84	4.95	0.25	1.48	0.985	217.78	108.62	OK
P3	4.2 x 4.2 x 1.0	3	3	1.40	942.34	6.65	3.48	1.82	0.983	217.30	105.91	OK
P4	2.8 x 5.4 x 1.2	3	2	1.40	821.51	7.26	1.58	1.48	0.985	217.78	139.71	OK
P5	8.4 x 2.8 x 1.4	5	2	1.40	1216.88	8.23	5.45	1.64	0.983	217.40	122.94	OK
P6	9.4 x 5.9 x 1.6	5	4	2.00	3362.21	66.92	25.71	2.52	0.980	216.59	170.73	OK
P7	3.4 x 5.4 x 1.4	3	3	2.00	1586.31	30.84	13.67	1.82	1.000	221.12	182.54	OK





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

Kampus IIS. Rejeki Subotika = 596094 Surabaya

DUTCH CONE PENETROMETER TEST

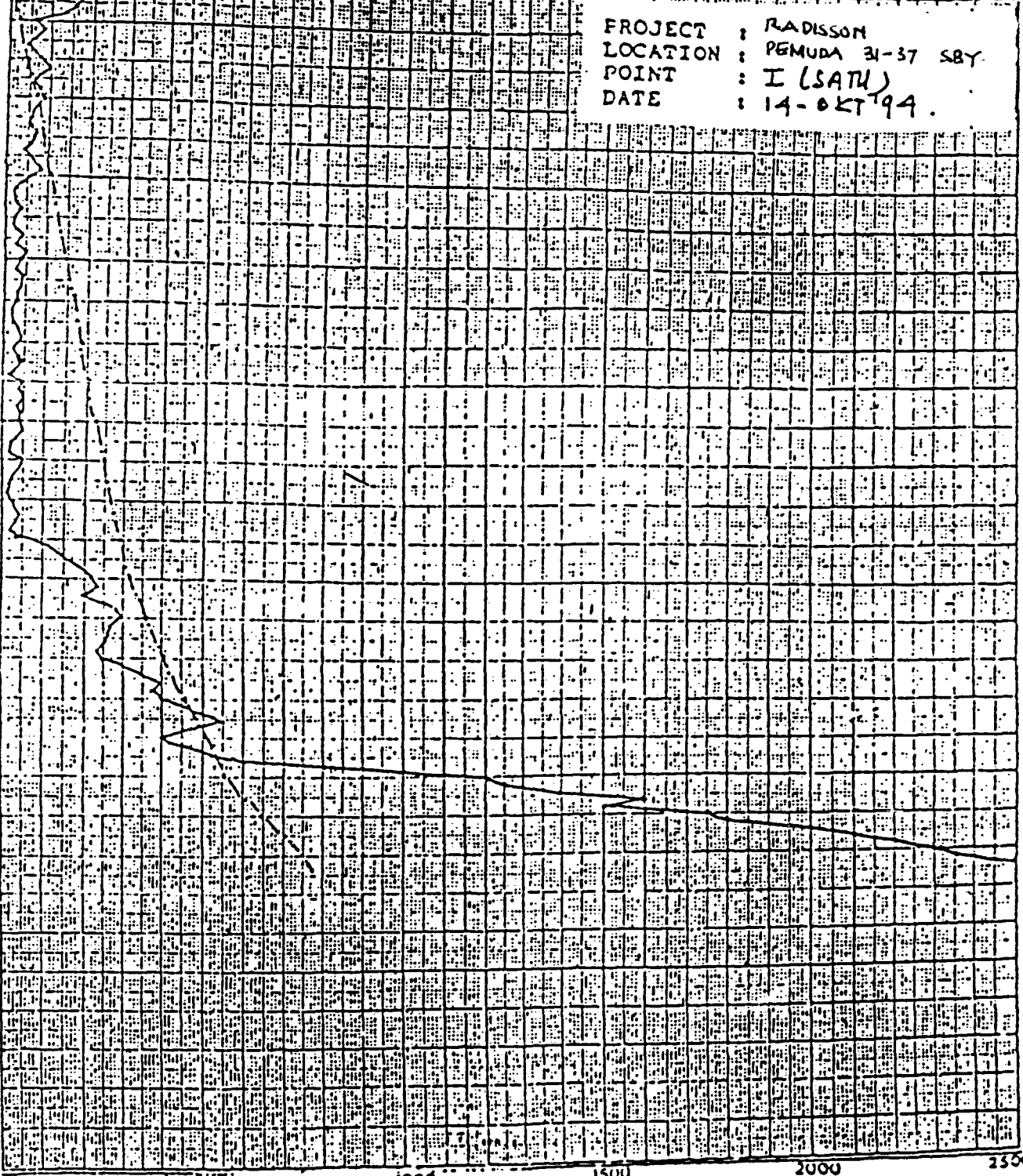
TERAKAN CONUS

CONUS RESISTANCE

K_g / cm^2

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240

PROJECT : RADISSON
LOCATION : PEMUDA 31-37 SBY
POINT : I (SATU)
DATE : 14-Okt-94



500

1000

1500

2000

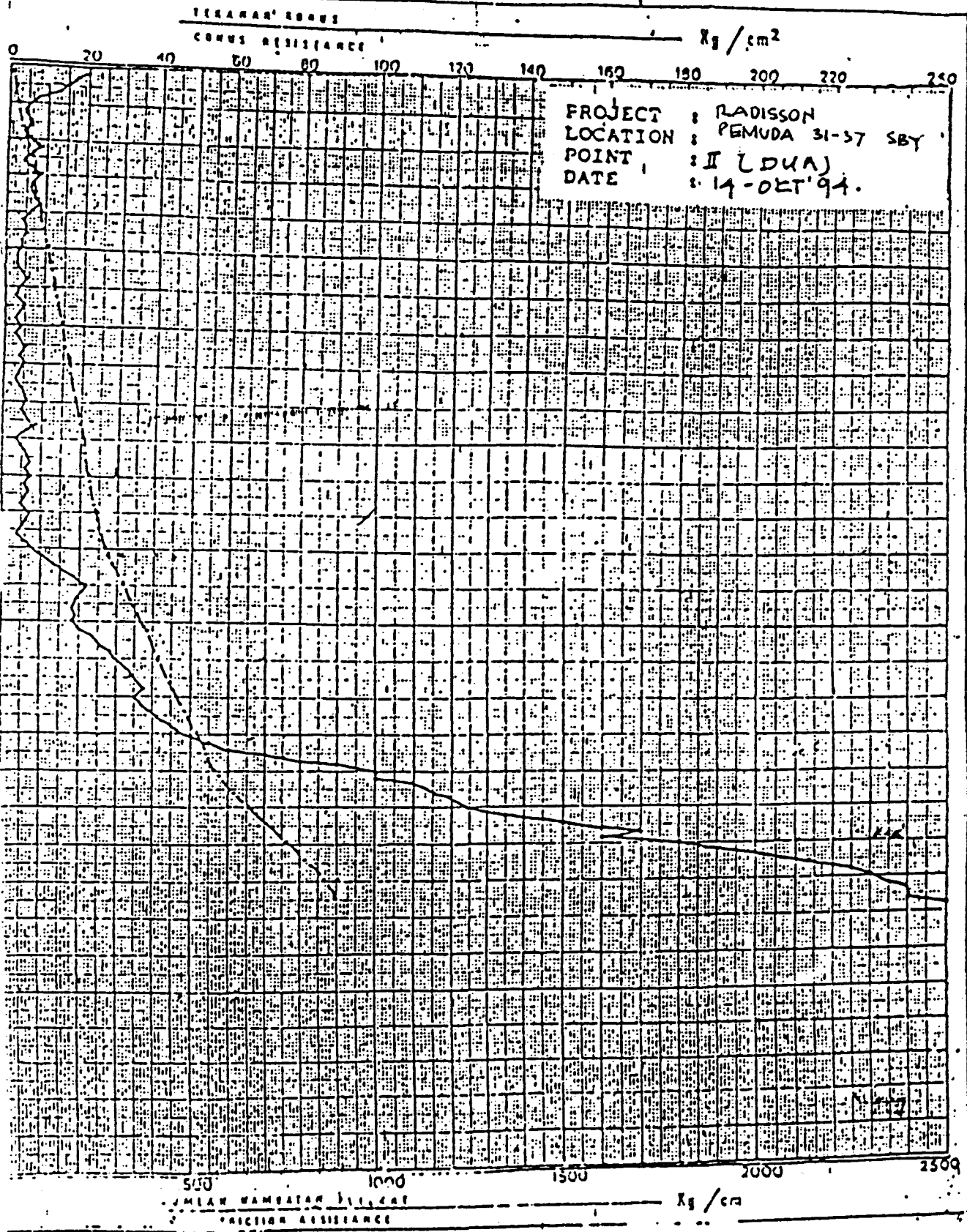
2500

JUMUAN HAMBATAN

K_g / cm

FRICITION RESISTANCE

DUTCH CONE
PENETROMETER TEST



WIKI PILE CLASSIFICATION

No.	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Class	PC WIRE		Area of steel (Cm2)	Area of Concrete (Cm2)	Section Modulus (Cm3)	Effective Prestress (Kgf/Cm2)	Allowable Axial (T)	Bending Moment	
				D (mm)	Num						Crack (t/m)	Ult (t/m)
1	350	70	A1	7	8	3.08	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
			A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.89	4.20	6.30
			B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97	5.00	9.00
			C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
2	400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
			A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75
			B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79	7.50	13.50
				7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83	7.50	13.50
			C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	18.00
3	450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25
			A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75
			A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00
				7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00
			B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.80
			C	9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00
4	500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
			A2	7	20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	12.50	18.75
				9	12	7.63	1159.25	10398.31	56.02	170.63	12.50	18.75
			A3	7	24	9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00
			B	7	28	10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00
			C	9	24	15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	34.00
5	600	100	A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
			A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50
			A3	9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00
				7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
			B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
			✓ C	9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.89	211.60	29.00	58.00

Notes :
Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm2 at 28 days.
Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.